

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

BRUNO EDSON CHAVES

ASPECTOS ANATÔMICOS DA RAIZ E LÂMINA  
FOLIAR DE *Saccharum* L. (POACEAE) NATIVAS DO  
BRASIL

Brasília  
Julho, 2012

BRUNO EDSON CHAVES

ASPECTOS ANATÔMICOS DA RAIZ E LÂMINA  
FOLIAR DE *Saccharum* L. (POACEAE) NATIVAS DO  
BRASIL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Botânica. Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Botânica, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dalva Graciano Ribeiro

Brasília  
Julho, 2012

BRUNO EDSON CHAVES

ASPECTOS ANATÔMICOS DA LÂMINA FOLIAR E  
RAIZ DE ESPÉCIES DE *Saccharum* L. (POACEAE)  
NATIVAS DO BRASIL

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Botânica, e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dalva Graciano Ribeiro  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Tarciso de Sousa Filgueiras  
(Membro titular)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sueli Maria Gomes  
(Membro titular)

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Micheline Carvalho Silva  
(Membro suplente)

A meus pais, irmãos e cunhados, meus queridos  
sobrinhos, demais familiares e amigos,  
por tudo que significam

A Tia Paulinha (*in memoriam*) que se  
encontra viva nos corações de  
todos que a conheceram

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente, pela coragem que me deu para enfrentar mais este desafio, por me dar força e me ajudar sempre que a Ele recorro.

À Prof<sup>ª</sup>. Dalva Graciano Ribeiro, por ter confiado em mim desde o nosso primeiro encontro e aceitado me orientar mesmo sem me conhecer direito. Pelo exemplo de dedicação e competência, por todos os ensinamentos transmitidos, compreensão, conversas construtivas, preocupação (inclusive com frio que passo no Centro-oeste), apoio e amizade. Muito obrigado!

À Universidade de Brasília pela concessão da moradia; ao Programa de pós-graduação em Botânica da Universidade de Brasília pela oportunidade do curso; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, confiança e incentivo em todas as etapas trilhadas por mim. Obrigado por sempre estarem presentes e dispostos a ajudar no que for preciso. Estive mais perto, mas às vezes tão longe, obrigado pela paciência e compreensão.

Aos meus irmãos e cunhados: Manuela (Lelinha), Isabela (Bebel), Breno, Daniel, João Paulo e Rafaela; pela constante preocupação, cumplicidade, apoio em todos os momentos, palavras de incentivo e por sempre acreditarem em mim.

Aos meus sobrinhos Daniel Lucas, Linus e João Pedro (meu afilhado querido), pela alegria que sempre me proporcionaram nos curtos períodos que ia visitá-los, peço desculpa pela minha ausência e não poder ter acompanhado vocês mais de perto.

A meu primo Fred Luiz e a Carol (sua esposa), antes de tudo obrigado por terem me recebido tão calorosamente em Brasília, uma cidade, até então, tão estranha. Obrigado pelo convívio, saídas e conversas inspiradoras sobre os mais diversos assuntos. E por ter me mostrado uma Brasília diferente o que me fez realmente gostar cada vez desta cidade.

Aos professores do Departamento de Botânica da UnB, em especial a Prof<sup>ª</sup>. Carolyn Proença, Prof<sup>ª</sup>. Micheline Carvalho Silva, Prof<sup>ª</sup>. Lourdes I. V Amaral (*in memoriam*), Prof<sup>ª</sup>. Regina Célia Oliveira, Prof<sup>o</sup>. Paulo Câmara e Prof<sup>ª</sup>. Cássia Munhoz, pelo conhecimento transmitido durante as aulas e fora delas. E ao Prof. Pedro Eisenlohr pelos ensinamentos em estatística.

Ao Prof. Tarciso S. Filgueiras, Prof<sup>ª</sup> Sueli M. Gomes e Prof<sup>ª</sup>. Micheline Carvalho Silva que gentilmente aceitaram o convite para participarem da banca.

Ao Prof. Tarciso S. Filgueiras pela identificação das espécies.

À Silvia D. C. Fernandes, obrigado pelo apoio, conselhos, ensinamentos, ajuda nos campos (por que não foram poucos), amizade e por sempre me tranquilizar quando estava mais preocupado. Ao José Geraldo A. Paiva (Zé), Nádia S. D. N. Somavilla e Maria Teresa Faria por tudo que me ensinaram, por muitas vezes terem escutado as minhas preocupações, pelas sugestões, dicas nos procedimentos anatômicos, empréstimos de materiais e pelo apoio durante todo o mestrado.

Ao Prof. Augusto C. Franco e Prof<sup>a</sup> Cristiane por disponibilizarem o carro para a coleta e do microscópio para registro fotográfico do material anatômico. À Prof<sup>a</sup> Sônia N. Bão e a toda a equipe do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, em especial a Ingrid, Felipe, Mauro e Márcia, pelo apoio material e técnico, e pelas boas conversas.

Ao aluno de doutorado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Cassiano A. D. Welker pela coleta e envio de amostras, especialmente de *S. asperum*, espécie que nos deu muito trabalho para encontrar.

Ao Dr. Jean Claude Autrey da International Society of Sugar Cane Technologists (ISSCT) pela gentileza de sempre disponibilizar referências bibliográficas importantes que eu não achava em lugar nenhum.

À Prof<sup>a</sup>. Lourdes I. V Amaral (*In memoriam*), Prof<sup>a</sup>. Sueli M. Gomes, Prof<sup>a</sup>. Regina Célia de Oliveira, Prof. José Francisco M. Valls e Prof. Luiz Alfredo, pelas contribuições na fase de projeto ou de qualificação.

Ao Adriano J. B. Souza e a Emília P. Braga que, desde a seleção (ou antes dela), sempre acreditaram em mim. Obrigado pelo incentivo e por estarem sempre disponíveis para me ajudar e tirar minhas dúvidas, principalmente as de estatística. Aprendi muito com vocês. E, claro, obrigado pelas saídas de campo que me fizeram gostar mais ainda do Cerrado.

À Izabelly S. Sant'Anna, amiga com quem compartilhei muitos momentos durante o mestrado, desde frustrações à alegrias; por toda a força, parceria e ajuda. Ao amigo William S. Carmo (Will) obrigado por sempre me escutar, pela disposição de ajudar, paciência, bom humor, e por ter topado me acompanhar na aventura que foi o Grande Sertão Veredas. À Mayara R. Lima e Eliana M. L. Pinheiro pelas risadas, saídas de campos, preocupações, momentos extra-acadêmicos e pela força.

Aos colegas e amigos que fiz durante o mestrado em especial à Jéssika P. Vieira, Daniel Villaroel, Raissa G. Leite, Nayra N. Bomfim, Renata Cristina C. Silva, Abel E. R. Soares e Alan L. A. Faria, as demais pessoas da anatomia, à turma da fisiologia e do herbário obrigado pela convivência, companheirismo e amizade.

Aos técnicos e estagiários que passaram pelo Laboratório de Anatomia Vegetal, em especial a Daiane e Jéssika pelos ensinamentos, convivência e apoio. Ao Vando pela companhia e apoio nas viagens de campo. Aos vigilantes do turno da noite do IB, Paulo, Paulo Henrique e Gilvan que sempre torceram por mim e com suas histórias tornavam o final de um dia de laboratório um pouco mais agradáveis.

A equipe da Fundação Pró-Natureza (FUNATURA) e do Parque Nacional Grande Sertão Veredas, em especial a funcionária Paula Leão e ao guia Sr. Idelino. A equipe do Parque Nacional das Emas, PN Chapada dos Veadeiros, PN de Brasília, Estação Ecológica de Águas Emendadas e Reserva Ecológica do IBGE, e as pessoas que conheci durante as coletas. Obrigado pela colaboração e por permitir acesso às reservas para procurar as plantas.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, pelo fornecimento dos dados climáticos, sem os quais seria impossível fazer parte do trabalho.

A minha avó, tios e primos que, apesar da distância física, sempre me apoiaram e deram força durante todos esses anos.

Aos amigos Renata S. Chikowski e Rafael D. Oliveira que, mesmo distantes geograficamente, participaram ativamente de várias etapas do trabalho e sempre se mostraram disponíveis nos momentos que mais precisei. Não importa a distância, nossa parceria continua incrível. Aos demais amigos da UECE, pela amizade e momentos de risadas seja quando eu ia à terra natal ou pela internet.

Ao Prof. Oriel H. Bonilla e a Profª. Roselita M. S. Mendes pelo grande incentivo, conselhos, ensinamentos, amizade e por me inspirarem ao estudo acadêmico.

À Profª. Delmira da Costa Silva da UESC que me fez compreender como a anatomia vegetal é interessante, me fazendo despertar o interesse por esta área.

À D. Lídia, agradeço a preocupação e o cuidado que teve comigo durante meu 1º ano de mestrado. Ao Bráulio, Dinei e em especial a Gislanne (Gi) pela amizade e toda a torcida.

A todos comm que tive o prazer de conviver na Colina, em especial ao Fernando Garcez, Almir de Paula e Virgílio Tomás, pela amizade, sugestões e incentivo.

Aos amigos de longas datas Roberto Morel, Thiago Vasconcelos e Thaís Câmara. E a Kele Arcanjo e Águeda Fortes. Obrigado pela torcida, força, risadas e palavras de incentivo em todos os momentos.

A todos aqueles que estiveram direta ou indiretamente presente na realização deste trabalho. Peço desculpas se, pela falta de lembrança deixei alguém de fora, mas saibam que sou grato a todos.

“A natureza é grande nas coisas grandes e grandíssima nas pequeninas”  
Saint-Pierre

“Lá realmente é o meu lugar. Cada volta minha é um regresso e sinto que lá é o meu  
permanente”  
Rachel de Queiroz

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

<b>Figura 1.</b> Secções transversais da raiz de <i>Saccharum angustifolium</i> (Nees) Trin. ....	70
<b>Figura 2.</b> Secções transversais da raiz de <i>Saccharum asperum</i> (Nees) Steud. ....	71
<b>Figura 3.</b> Secções transversais da raiz de <i>Saccharum villosum</i> Steud. ....	72
<b>Figura 4.</b> Secções transversais da raiz de <i>Saccharum</i> sp. 1. ....	73
<b>Figura 5.</b> Secções transversais da raiz <i>Saccharum</i> sp. 2. ....	74
<b>Figura 6.</b> Análise de agrupamentos para as espécies de <i>Saccharum</i> presentes no Brasil. A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade entre as informações consideradas discriminantes entre as espécies (Tab. 4), e forma três grupos: seco - <i>S. ang</i> ; úmido - <i>S. sp1</i> ; e encharcado - <i>S. vil</i> , <i>S. asp</i> e <i>S. sp2</i> . <i>S. ang</i> .....	78
<b>Figura 7.</b> Análise de componentes principais (PCA) com as variáveis quantitativas escolhidas (Gráfico superior). Gráficos inferiores – correlação das características de acordo com as espécies de <i>Saccharum</i> presentes no Brasil.....	79

### Capítulo 2

<b>Figura 1.</b> Aspectos morfológicos das espécies de <i>Saccharum</i> . ....	142
<b>Figura 2.</b> Aspectos da ala em secção transversal, com FV <sub>1</sub> , FV <sub>2</sub> e FV <sub>3</sub> . Nota-se a variação no formato dos feixes vasculares e a distribuição dos FV <sub>2</sub> e FV <sub>3</sub> entre dois FV <sub>1</sub> . Ainda observa-se a variação no formato das células buliformes: retangulares (asterisco) e em forma de leque (tipo mais comum). ....	145
<b>Figura 3.</b> Detalhe da lâmina foliar. FV <sub>1</sub> e FV <sub>3</sub> (à esquerda) e FV <sub>2</sub> e FV <sub>3</sub> (à direita ou centro). ....	147
<b>Figura 4.</b> Aspectos dos bordos 01 (à esquerda) e 02 (à direita) em secção transversal. Nota-se a variação do(a): número de feixes vasculares, número de fibras sob o último feixe vascular e na extremidade, formato, posição e extensão das fibras e presença de cavidades de tricomas.....	149
<b>Figura 5.</b> Nervura central em secção transversal. Vista geral (à esquerda), observa-se a variação de formatos, número de camadas de células incolores e de feixes vasculares totais, de 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ordem. Detalhes (à direita), principalmente da região abaxial, onde encontram-se os feixes vasculares, nota-se a variação nos formatos nas EBE dos feixes de 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ordem, além das bainhas parenquimáticas completas ou incompletas .....	151
<b>Figura 6.</b> Secções paradérmicas da face adaxial das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas	

sob microscopia óptica (à esquerda) e sob microscopia eletrônica de varredura (à direita). .....	156
<b>Figura 7.</b> Secções paradérmicas da face abaxial das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas sob microscopia óptica (à esquerda) e sob microscopia eletrônica de varredura (à direita). .....	159
<b>Figura 8.</b> Vista frontal da região do bordo 01 (à esquerda) e bordo 02 (à direita). .....	162
<b>Figura 9.</b> Secções paradérmicas da face adaxial da nervura central das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas sob microscopia de varredura. ....	163
<b>Figura 10.</b> Secções paradérmicas da face abaxial da nervura central das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas sob microscopia de varredura.....	164
<b>Figura 11.</b> Análise de conglomerados para as espécies de <i>Saccharum</i> presentes no Brasil com base nos 178 estados de caracteres considerados discriminantes (tab. 8). A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade e mostra <i>S. ravennae</i> (grupo externo) bem distinto das espécies brasileiras (2 <sup>a</sup> grupo). Dentro do grupo das espécies nativas nota-se que as espécies não descritas taxonomicamente são mais distintas que as espécies descritas. Os números no gráfico referem-se as características distintivas para cada clado (ver Tab. 8). .....	173
<b>Figura 12.</b> Análise de componentes principais (PCA) com as variáveis quantitativas escolhidas (ver Tabela 9). Nota-se a separação de <i>S. ravennae</i> das espécies nativas. ....	174

### Capítulo 3

<b>Figura 1.</b> Distribuição das populações coletadas nas diferentes regiões do estado de Goiás. ....	227
<b>Figura 2.</b> Aspectos da ala em secção transversal, com FV <sub>1</sub> , FV <sub>2</sub> e FV <sub>3</sub> . Nota-se a variação no formato dos feixes vasculares e a distribuição dos FV <sub>2</sub> e FV <sub>3</sub> entre dois FV <sub>1</sub> . Ainda observa-se a variação no formato das células buliformes: retangulares (asterisco) e em forma de leque (tipo mais comum). ....	229
<b>Figura 3.</b> Detalhe da ala. FV <sub>1</sub> e FV <sub>3</sub> (à esquerda) e FV <sub>2</sub> e FV <sub>3</sub> (à direita ou centro). Nota-se parênquima clorofiliano radial aos feixes vasculares. ....	231
<b>Figura 4.</b> Aspectos dos bordos 01 (à esquerda) e 02 (à direita) em secção transversal. Nota-se a variação do(a): número de feixes vasculares, número de fibras sob o último	

feixe vascular e na extremidade: formato, posição e extensão das fibras e presença de cavidades de tricomas.....	233
<b>Figura 5.</b> Nervura central em secção transversal. Vista geral (à esquerda), observa-se a variação de formatos, número de camadas de células incolores e de feixes vasculares totais, de 1ª, 2ª e 3ª ordem. Detalhes (à direita), principalmente da região abaxial, onde encontram-se os feixes vasculares, nota-se a variação nos formatos nas EBE dos feixes de 1ª, 2ª e 3ª ordem, além das bainhas parênquimáticas completas ou incompletas. ....	235
<b>Figura 6.</b> Secções paradérmicas da face adaxial de <i>S. villosum</i> Steud sob microscopia óptica (coluna da esquerda) e de varredura (coluna da direita). ....	241
<b>Figura 7.</b> Secções paradérmicas da face ab axial de <i>S. villosum</i> Steud sob microscopia óptica (coluna da esquerda) e de varredura (coluna da direita). ....	244
<b>Figura 8.</b> Vista frontal da região do bordo 01 (coluna da esquerda) e bordo 02 (coluna da direita) de <i>S. villosum</i> Steud sob microscopia de varredura. ....	247
<b>Figura 9.</b> Secções paradérmicas da face abaxial da nervura central de <i>S. villosum</i> sob microscopia de varredura. ....	249
<b>Figura 10.</b> Análise de conglomerados para as populações de <i>S. villosum</i> baseada em caracteres taxonômicos (Tab. 9) mostra dois grupos característicos, o primeiro G, PNE, A e C e o segundo M e MD. A. Utilizando as características da face adaxial da epiderme. B. sem utilizar as características da face adaxial da epiderme, observa-se uma melhor delimitação dos grupos, no primeiro grupo há ainda a formação de dois subgrupos PNE e G / A e C. Nota-se que ambos os casos a distribuição das populações não são agrupadas por aspectos geográficos. A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade entre as informações consideradas discriminantes. ....	255
<b>Figura 11.</b> Análise de conglomerados para as populações de <i>S. villosum</i> baseada em caracteres considerados xeromórficos (Tab. 10) (gráfico superior) mostra dois grupos funcionais característicos, o primeiro composto por PNE e C e o segundo pelas demais espécies. A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade entre as informações consideradas discriminantes. Análise de redundância canônica (RDA) do tipo triplot (gráfico inferior) com as variáveis quantitativas escolhidas (Tab. 11), variáveis ambientais e as populações, observa-se que os dois grupos funcionais apresentado pela análise de conglomerados também encontram-se bem distintos. ....	259

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

<b>Tabela 1.</b> Localização das espécies coletadas para o trabalho, condições do solo no momento da coleta, número de coleta dos coletores e herbário em que está depositada .	68
<b>Tabela 2.</b> Categorias de algumas características utilizadas na descrição das estruturas celulares .....	69
<b>Tabela 3.</b> Variáveis quantitativas <sup>(*/**)</sup> analisadas para a raiz das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas .....	75
<b>Tabela 4.</b> Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as cinco espécies de <i>Saccharum</i> estudadas. ....	76

### Capítulo 2

<b>Tabela 1.</b> Localização das espécies, número de coleta dos coletores e herbário em que as espécies analisadas estão depositadas. ....	143
<b>Tabela 2.</b> Categorias de algumas características utilizadas na descrição das estruturas celulares .....	144
<b>Tabela 3.</b> Variáveis quantitativas analisadas para a espessura da lâmina foliar, cutícula, mesofilo e células incolores; altura das células epidérmicas e buliformes nas espécies de <i>Saccharum</i> estudadas. ....	153
<b>Tabela 4.</b> Comparação entre estruturas celulares (espessura das CEC e células incolores) e altura da cutícula voltadas para a face adaxial e abaxial das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas. ....	154
<b>Tabela 5.</b> Variáveis quantitativas analisadas para os feixes vasculares da ala das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas. ....	155
<b>Tabela 6.</b> Variáveis quantitativas <sup>(*/**)</sup> analisadas para a face adaxial da epiderme das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas. ....	158
<b>Tabela 7.</b> Variáveis quantitativas <sup>(*/**)</sup> analisadas para a face abaxial da epiderme das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas. ....	161
<b>Tabela 8.</b> Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de <i>Saccharum</i> estudadas. ....	165
<b>Tabela 9.</b> Características quantitativas presentes nas tabelas 3, 6 e 7 utilizadas na dois primeiros eixos da PCA. Valores percentuais da variância dos dois primeiros	

eixos e o valor acumulado pelos mesmos. Valores com asterisco significa que são fortemente relacionados com o eixo (explicação maior que 20% da variação). ..... 175

### Capítulo 3

<b>Tabela 1.</b> Localização das populações de <i>Saccharum villosum</i> e as siglas utilizadas no corpo do texto. ....	226
<b>Tabela 2.</b> Categorias de algumas características utilizadas na descrição das estruturas celulares. ....	228
<b>Tabela 3.</b> Variáveis quantitativas analisadas para a lâmina foliar, células epidérmicas e mesofilo das populações de <i>Saccharum villosum</i> Steud. estudadas. ....	237
<b>Tabela 4.</b> Comparação entre estruturas celulares e cutículas voltadas para a face adaxial e abaxial das populações de <i>Saccharum villosum</i> Steud estudadas. ....	238
<b>Tabela 5.</b> Variáveis quantitativas analisadas para os feixes vasculares da ala das populações de <i>Saccharum villosum</i> Steud. estudadas. ....	239
<b>Tabela 6.</b> Comparação entre estruturas dos feixes vasculares da ala (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> ordem) das populações de <i>Saccharum villosum</i> Steud. estudadas. ....	240
<b>Tabela 7.</b> Variáveis quantitativas <sup>(*/**)</sup> analisadas para a face adaxial da epiderme das populações de <i>Saccharum villosum</i> Steud. estudadas. ....	243
<b>Tabela 8.</b> Variáveis quantitativas <sup>(*/**)</sup> analisadas para a face abaxial da epiderme das populações de <i>Saccharum villosum</i> Steud. estudadas. ....	246
<b>Tabela 9.</b> Matriz de dados com os caracteres taxonômicos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de <i>Saccharum villosum</i> Steud. estudadas. ....	249
<b>Tabela 10.</b> Matriz de dados com os caracteres xeromórficos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de <i>Saccharum villosum</i> Steud. estudadas. ....	256
<b>Tabela 11.</b> Características quantitativas presentes nas tabelas 3, 7 e 8 utilizadas na análise de redundância canônica (RDA) com suas respectivas siglas e escores para os eixos principais da RDA. Valores percentuais da variância dos dois primeiros eixos e o valor acumulado pelos mesmos. Valores com um asterisco significa que são relacionados com o eixo (explicação maior que 20% da variação) e como 2 asteriscos que são fortemente relacionados com o eixo (explicação maior que 25% da variação). ..	258
<b>Tabela 12.</b> Extratos da análise de redundância canônica (RDA). ....	260

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

➡bainha	Diâmetro das células da bainha parenquimática
➡MetX	Diâmetro do metaxilema
A	Aerênquima
AB	Abaxial / Face abaxial da epiderme
AD	Adaxial / Face adaxial da epiderme
AE	Anel esclerenquimático
CA	Cavidade aerênquimática
CB	Células buliformes
CEC	Células epidérmicas comuns
CI	Córtex intacto
CIn	Células incolores
CL	Célula longa
Compr	Comprimento
Csi	Célula silicificada
Csu	Célula suberosa
CV	Cilindro vascular
EBE	Extensão da Bainha Esclerenquimática
EBP	Extensão da Bainha Parenquimática
En	Endoderme
Ep	Epiderme
Esc	Esclerênquima
Esc. total	Esclerênquima total
Esp	Espinho
Est	Estômatos
EV	Elemento de vaso
Ex	Exoderme
F	Floema
Freq	Frequência
FV <sub>1</sub>	Feixe vascular de 1 <sup>a</sup> ordem
FV <sub>2</sub>	Feixe vascular de 2 <sup>a</sup> ordem
FV <sub>3</sub>	Feixe vascular de 3 <sup>a</sup> Ordem

FVs	Feixes vasculares
g	Gancho
IE	Índice estomático
Larg	Largura
M	Medula
MaC	Macrotricomas curtos de base larga
Mat	Macrotricomas / Macrotricomas em <i>cushion hair</i> (secção paradérmica)
Mit	Microtricomas
Mse	Macrotricomas sem células especializadas na base
NC	Nervura Central
P	Pelos radiculares
Pap	Papila
PC	Parênquima cortical
Pe	Periciclo
PX	Protoxilema
RL	Raiz lateral
X	Xilema
ZC	Zona costal
ZIc	Zona intercostal

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES .....	xiv
RESUMO .....	20
ABSTRACT .....	21
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	22
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	24
2.1 Poaceae Barnhart. ....	24
2.2 <i>Saccharum</i> L. ....	25
2.2.1 Aspectos taxonômicos .....	25
2.2.2 Importância Econômica .....	27
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28

### CAPÍTULO 1 Aspectos anatômicos da raiz de *Saccharum* L. (Poaceae) nativas do Brasil

Resumo .....	33
Abstract .....	34
Introdução .....	35
Metodologia .....	36
Material vegetal .....	36
Microscopia óptica .....	37
Análise estatística .....	38
Resultados .....	38
Descrição das espécies estudadas .....	38
Análises de similaridade .....	41
Chave de identificação para as espécies nativas de <i>Saccharum</i> com base nas características anatômicas da raiz .....	44
Discussão .....	44
Epiderme .....	45
Região cortical .....	46
Cilindro vascular .....	51
Análise de similaridade .....	55

Conclusão .....	57
Referências bibliográficas .....	57
Ilustrações e tabelas .....	68
CAPÍTULO 2 Aspectos anatômicos da lâmina foliar de <i>Saccharum</i> L. (Poaceae) nativas do Brasil	
Resumo .....	81
Abstract .....	82
Introdução .....	83
Metodologia .....	84
Material Vegetal .....	84
Microscopia óptica .....	85
Microscopia eletrônica de varredura (MEV) .....	86
Análise do material histológico .....	86
Análise estatística .....	88
Resultados .....	89
Descrição das secções transversais das espécies de <i>Saccharum</i> estudadas .....	89
Características gerais da lâmina foliar e descrição da ala .....	89
Características gerais da lâmina foliar e descrição da ala – dados quantitativos .....	91
Características do bordo .....	92
Características da Nervura Central .....	93
Descrição das secções paradérmicas da lâmina foliar .....	94
Secção paradérmica da face adaxial da ala .....	94
Secção paradérmica da face adaxial da ala – dados quantitativos .....	96
Secção paradérmica da face abaxial da ala .....	97
Secção paradérmica da face abaxial da ala – dados quantitativos .....	99
Vista frontal dos bordos sob microscopia eletrônica de varredura .....	100
Secções paradérmicas da nervura central sob microscopia eletrônica de varredura .....	100
Análise de similaridade .....	101
Chave de identificação para <i>S. ravennae</i> e espécies nativas de <i>Saccharum</i> com base nas características anatômicas da lâmina foliar .....	104

Dicussão .....	106
Características gerais da lâmina foliar .....	106
Epiderme .....	107
Células buliformes .....	109
Células silicificadas .....	111
Células suberosas .....	112
Complexo estomático .....	114
Tricomas .....	117
Papilas .....	120
Mesofilo .....	121
Feixes vasculares da ala .....	122
Bordos .....	126
Nervura central .....	128
Análises multivariadas .....	130
Referências bibliográficas .....	133
Ilustrações e tabelas .....	142

CAPÍTULO 3   Variações intraespecíficas da lâmina foliar de *Saccharum villosum* Steud.  
(Poaceae) no estado de Goiás, Brasil.

Resumo .....	177
Abstract .....	178
Introdução .....	179
Metodologia .....	180
Material Vegetal .....	180
Microscopia óptica .....	181
Microscopia eletrônica de varredura (MEV) .....	181
Análise do material histológico .....	182
Análise estatística .....	183
Resultados .....	184
Descrição das secções transversais de <i>S. villosum</i> Steud. ....	184
Características gerais da lâmina foliar e descrição da ala .....	184
Características gerais da lâmina foliar e descrição da ala – dados quantitativos .....	186

Características do bordo .....	187
Características da Nervura Central .....	187
Descrição das secções paradérmicas da lâmina foliar de <i>S. villosum</i> .....	188
Secção paradérmica da face adaxial da ala .....	188
Secção paradérmica da face adaxial da ala – dados quantitativos .....	190
Secção paradérmica da face abaxial da ala .....	191
Secção paradérmica da face abaxial da ala – dados quantitativos .....	192
Vista frontal dos bordos .....	193
Secções paradérmicas da nervura central em microscopia eletrônica de varredura .....	194
Variação intraespecífica .....	194
Variação estrutural e relação com as condições ambientais .....	195
Discussão .....	198
Características gerais da lâmina foliar e nervura central .....	198
Epiderme .....	199
Células buliformes .....	200
Células curtas .....	201
Complexo estomático .....	202
Tricomas .....	204
Papilas .....	204
Mesofilo .....	205
Feixes vasculares .....	205
Bordos .....	207
Implicações taxonômicas das variedades estruturais apresentadas por <i>S.</i> <i>villosum</i> .....	208
Influência ambiental nas estruturas anatômicas .....	209
Referências bibliográficas .....	215
Ilustrações e tabelas .....	226

## RESUMO

O trabalho visa estudar as estruturas anatômicas das raízes e lâminas foliares de *Saccharum angustifolium* (Nees) Trin., *S. asperum* (Nees) Steud. e *S. villosum* Steud. e duas prováveis espécies novas (*Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2), enfocando aspectos de importância taxonômica e ecológica. As espécies foram avaliadas qualitativamente e quantitativamente. A anatomia radicular revelou valor taxonômico e mostrou que plantas que se desenvolvem em condições semelhantes tendem a ser anatomicamente mais próximas. Para a anatomia da lâmina foliar aplicada a taxonomia ainda foi utilizada *S. ravennae* (L.) L. como grupo externo. A anatomia da lâmina foliar, apesar de possuir caracteres comuns a outras espécies de Andropogoneae e Panicoideae, mostraram variações anatômicas, destacando-se o uso das características em secção transversal, secção paradérmica da face abaxial da ala, do bordo e da epiderme da região da nervura central em vista frontal que melhor delimitam as espécies. As espécies separaram-se em dois grupos: *S. ravennae* e espécies nativas. É provável que as características distintivas destes dois grupos sejam peculiares aos subgêneros *Saccharum* e *Erianthus*, respectivamente. Das espécies analisadas *S. villosum* é a que possui maior ocorrência/distribuição no Brasil, o que refletiu na sua diversidade morfológica e anatômica. Desta forma, também foram estudadas as variações intraespecíficas e a influencia de fatores ambientais nas características estruturais da lâmina foliar desta espécie. Com base em caracteres anatômico-taxonômicos acredita-se que a variedade anatômica apresentada por estes espécimes seja porque mais de uma espécie esteja envolvida dentro da sua atual descrição. Ecológicamente, verificou-se que 42,839% da variação apresentada por *S. villosum*, em sua circunscrição atual, é explicada por fatores ambientais, sendo a temperatura o fator mais relacionado às variações estruturais. Admitiu-se ainda escleromorfismo oligotrófico para esta espécie, uma vez que possui uma série de características xeromórficas mesmo em ambientes brejosos.

**Palavras-chave:** Andropogoneae, anatomia ecológica, taxonomia, variações estruturais.

## **ABSTRACT**

# 1 INTRODUÇÃO GERAL<sup>1</sup>

O significado econômico das Poaceae (Gramineae) é bastante expressivo uma vez que cerca de 50 gêneros são normalmente mencionados como fonte de alimentação, dos quais 17 são listados como cereais, e em torno de 20 são encontrados como pastagens (WATSON; DALLWITZ, 1994).

Poaceae é composta por 13 subfamílias (GPWG, 2001; SÁNCHEZ-KEN et al., 2007) sendo Panicoideae, de acordo com Judd et al. (2009), uma das principais subfamílias de Poaceae e é formada pelas tribos Andropogoneae e Paniceae, junto com algumas outras com menor número de representantes. Ahmad et al. (2010) citam que Andropogoneae é uma tribo cosmopolita, com cerca de 87 gêneros, porém não claramente delimitado. Andropogoneae é dividida em 11 subtribos, baseada principalmente em caracteres da inflorescência. Nesta tribo encontra-se a subtribo Saccharinae, que inclui cerca de 140 espécies distribuídas em 13 gêneros, entre estes o gênero *Saccharum* L. (CLAYTON; RENVOIZE, 1986).

A cultura da cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum* L. (Poaceae), apresenta relevante importância econômica e social no Brasil (CORRÊA; CONSOLINI; CENTURION, 2001; PIASCENTE; PIASCENTE, 2004; COSTA; MAZZA; VITTI, 2010). Este fato é decorrente de sua múltipla utilidade, sendo empregada *in natura*, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool (CAPUTO et al., 2008). O mesmo autor ainda afirma que seus resíduos, como o vinhoto e o bagaço, também possuem importância econômica.

Historicamente, as pesquisas relacionadas ao gênero *Saccharum* têm sido voltadas principalmente para a obtenção de maiores incrementos na produção total da cultura e extração de seus subprodutos (açúcar, álcool, celulose e biogás) a partir do colmo, mediante o aprimoramento das técnicas agrônomicas convencionais para aperfeiçoar a produção (MARTINS; CASTRO, 1999).

O mercado da cana-de-açúcar apresenta-se cada vez mais promissor, impulsionado principalmente pela demanda mundial por biocombustíveis de fontes totalmente renováveis (NUNES; SILVA; COSTA, 2010). Segundo Goldenberg (2007), o aumento do uso de fontes de energia renováveis, principalmente nos países em desenvolvimento, terá como consequência a geração de energia compatível com o desenvolvimento sustentável.

---

<sup>1</sup> Para a introdução foram utilizadas as normas da ABNT NBR 6023 de agosto de 2002

Apesar de ser um gênero importante economicamente, do ponto de vista taxonômico, ainda há controvérsias sobre sua circunscrição. Certos autores afirmam que existem 35-40 espécies, enquanto outros relatam aproximadamente 28 espécies para o gênero (WELKER, 2011).

Em relação à anatomia de *Saccharum*, os trabalhos tem enfocado, principalmente, cultivares de *S. officinarum* e *S. spontaneum* como mostram os trabalhos de Venkatraman (1922), Artschwager (1925, 1930, 1940), Metcalfe (1960), Julien, Irvine e Benda (1989) e Ahmad et al. (2010). Este último autor ainda ressalta que estudos anatômicos têm sido usados com sucesso para esclarecer problemas taxonômicos, ajudando a delimitação das espécies. Segundo Cheavegatti-Gianotto et al. (2011) as espécies nativas do gênero são pouco caracterizadas, estando presente apenas em levantamentos florísticos.

Assim, como são poucos os trabalhos sobre a anatomia das espécies nativas de *Saccharum*, procurou-se realizar o estudo anatômico das lâminas foliares e raízes de *S. villosum* Steud., *S. asperum* (Nees.) Steud. e *S. angustifolium* (Nees) Trin. Tais espécies, pouco exploradas, podem representar uma alternativa para o melhoramento da cultura de cana-de-açúcar.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA<sup>2</sup>

### 2.1 Poaceae Barnhart.

Poaceae (=Gramineae) é a quarta maior família de angiospermas (TERREL; PERTESON, 2009). Pertence à ordem Poales, que engloba outras famílias importantes de monocotiledôneas como Bromeliaceae, Cyperaceae e Eriocaulaceae (JUDD et al., 2009). Possui distribuição cosmopolita e inclui cerca de 800 gêneros e 11.000 espécies em todo o mundo (WATSON; DALLWITZ, 1994; TERREL; PERTESON, 2009). Com relação ao número de espécies é superada apenas por Asteraceae, Orchidaceae e Fabaceae, mas as supera em termos de importância econômica (JUDD et al., 2009).

As gramíneas constituem uma parte importante da paisagem urbana e suburbana em grande parte do mundo. Os membros da família também são dominantes ecológicos, cobrindo aproximadamente 20% da superfície terrestre do planeta (SHANTZ, 1954), sendo considerado por Viana e Filgueiras (2008) o componente básico de diversos ecossistemas terrestres, desempenhando papéis ecológicos variados e contribuindo significativamente com a biodiversidade local.

De acordo com Forzza et al. (2010), no Brasil a família apresenta alta diversidade em todos os domínios fitogeográficos, sendo a Mata Atlântica, o Cerrado e a Amazônia os que apresentam o maior número de espécies. Por outro lado, se considerado o número total de espécies por bioma os que apresentam maior porcentagens da família são: Pampa, Pantanal e Caatinga; entretanto, a Amazônia e a Caatinga carecem de inventários significativos com enfoque à família (VIANA; FILGUEIRAS, 2008). Filgueiras et al. (2012) relatam que existem 1.414 espécies distribuídas em 210 gêneros no Brasil.

Jacobs, Kingston e Jacobs (1999) citam que este grupo apresenta-se dominante em savanas tropicais, como o Cerrado brasileiro. Neste bioma o grupo possui 670 espécies, distribuídas em 121 gêneros (FILGUEIRAS et al., 2012). Viana e Filgueiras (2008) citam para a Mata Atlântica alta riqueza de gramíneas, com muitas espécies e gêneros endêmicos. Nos campos sulinos a família possui cerca de 400-500 espécies, ficando atrás somente de Asteraceae, com cerca de 600 espécies (OVERBECK et al., 2009). Ainda segundo estes autores, diferente do Cerrado, em que há predominância de gramíneas C<sub>4</sub>, e dos campos

---

<sup>2</sup> Para a revisão de literatura foram utilizadas as normas da ABNT NBR 6023 de agosto de 2002

temperados mais ao sul, onde há predominância de gramíneas C<sub>3</sub>, nos campos sulinos ocorrem a co-existência de gramíneas do tipo C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>.

Em termos de produção mundial, os quatro maiores cultivos agrícolas são as gramíneas: cana-de-açúcar, trigo, arroz e milho; o centeio e o sorgo estão entre os primeiros doze cultivos (JUDD et al., 2009). Isto demonstra que, do ponto de vista econômico, esta é, indubitavelmente, a principal família de Angiospermas, não apenas pelo número de espécies utilizadas pelo homem, mas também pela importância de algumas delas (SOUZA; LORENZI, 2008).

## **2.2 *Saccharum* L.**

### 2.2.1 Aspectos taxonômicos

*Saccharum* L. (Syn: *Erianthus* Michx.) pertence a Poaceae, Panicoideae, Andropogoneae e Saccharinae (MUKHERJEE, 1958; MOLINA, 1981; CASTRO; KLUGE, 2001; FILGUEIRAS; LERINA, 2001; AMALRAJ; BALASUNDARAM, 2006).

De acordo com Cheavegatti-Gianotto et al. (2011) o gênero foi descrito por Linnaeus o qual incluía *Saccharum officinarum* L. e *S. spicatum* L. O último passou para *Perotis spicata* (L.) T. Durand e H. Durand. Posteriormente, o gênero passou a ter seis espécies: *S. officinarum* L., conhecida como a cana nobre; *S. spontaneum* L., *S. robustum* E.W. Brandes & Jeswiet ex Grassl e *S. edule* Hassk., identificadas como espécies silvestres; *S. sinense* Roxb. e *S. barberi* Jeswiet, que constituem os híbridos antigos (DILLON et al., 2007). Intimamente relacionado com *Saccharum*, estão os gêneros *Erianthus* sessão *Ripidium*, *Sclerostachya*, *Narenga* e *Miscanthus* sessão *Diandra* estes quatro gêneros formam um grupo fortemente relacionado denominado “complexo *Saccharum*” (AMALRAJ; BALASUNDARAM, 2006).

A classificação e nomenclatura do gênero sempre se mostraram um desafio. Um dos motivos foi a alocação de espécies de outros gêneros (*Andropogon*, *Anthoxanthum*, *Eriochrysis* e *Erianthus*) dentro de *Saccharum* (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

Hooker (1896 apud MUKHERJEE, 1958) separou *Erianthus* de *Saccharum*, pela presença de arista na gluma IV (lema II) no primeiro. Esta divisão foi seguida por muitos autores como Hitchcock (1909), Hitchcock e Chase (1917), Mukherjee (1958), Rosengurtt, Maffei e Artucio (1970) e Molina (1981). Grassl (1971) ainda dividiu *Erianthus* em dois

gêneros, denominando *Ripidium* as espécies de *Erianthus* do velho mundo, e mantendo em *Erianthus* apenas as espécies presentes no continente americano.

Entretanto, Cheavegatti-Gianotto et al. (2011) mencionaram que a presença/ausência da arista é uma característica variável e não consistente para o grupo. Ainda afirmam que o gênero *Saccharum* possui dois centros de diversidades: um no velho mundo (África e Ásia) e um no novo mundo (Américas do Norte, Central e do Sul). Desta forma, segundo estes autores, *Saccharum* compreende todas as espécies que foram anteriormente alocadas em *Erianthus*.

De acordo com o The Plant List (2012) há 38 espécies para o gênero. *Saccharum* é descrito por Filgueiras e Lerina (2001) e Welker (2011) como plantas perenes, cespitosas, com rizomas curtos e grossos; colmos eretos, nós glabros, glabrescentes ou pilosos. Lâminas foliares lineares, linear-lanceoladas ou lanceoladas, glabras, glabrescentes ou pilosas; lígula membranoso-ciliada. Inflorescência em panícula aberta, laxa ou contraída, ramos floríferos laterais alternos sobre o mesmo, abertos, desarticuláveis nos nós, com pilosidade densa a subdensa, branca, creme ou rosada, dispostos sobre um eixo principal alongado e persistente; entrenós da ráquis e pedicelos pouco engrossados, não sulcados, com pilosidade branca ou creme; um par de espiguetas em cada nó da ráquis, homógamas, uma séssil e uma pedicelada, caindo separadamente. Espiguetas séssil apresentando uma flor bissexuada, mútica ou aristada e com dois antécios hialinos; glumas caducas sendo a inferior biquilhada, glabra ou pilosa, lisa e não alada e a superior uniuilhada; antécio inferior neutro, lema mútico, raramente curto aristado, arista glabra, pálea nula; antécio superior com flor bissexuada, lema de ápice inteiro ou 2-dentado, mútico ou aristado, pálea rudimentar ou ausente; estames 2-3. Espiguetas pediceladas desenvolvidas, múticas ou aristadas, semelhante à séssil, com flor bissexuada.

As raízes de cana-de-açúcar são classificadas como raízes adventícias de tolete (ou de fixação) e raízes do perfilho (COSTA; MAZZA; VITTI, 2010). Segundo Miller e Gilbert (2011) as raízes de tolete são originadas a partir de primórdios radiculares, são finas e muito ramificadas; são apenas temporárias, e sua função é, eventualmente, assumida, após 2 a 3 meses de acordo com Estévez et al. (1995), pelas raízes do perfilho. Tais raízes são originadas a partir dos primórdios radiculares do perfilho, são grossas com coloração clara e menos ramificadas.

Dillewijn (1952) citado por Costa, Mazza e Vitti (2010) menciona que raízes novas são de coloração clara e túrgidas. Conforme estas tornam-se velhas, o córtex fica flácido e

escuro. O córtex de partes mais velhas apresenta tecido morto e escurecido, entretanto o cilindro central pode ainda estar vivo e ativo na absorção.

### 2.2.2 Importância Econômica

A nível mundial, a cana-de-açúcar (*S. officinarum*) é tida como uma importante cultura para a produção de açúcar (WANG et al., 2009). O Brasil é líder mundial na produção de cana-de-açúcar, tendo processado aproximadamente 571 milhões de toneladas na safra 2011/2012, sendo cerca de 87,74% do total na principal região produtora do País, a Centro-Sul, e 12,26% no Nordeste (CONAB, 2011). O Brasil desponta como líder mundial na exportação de açúcar, e na utilização da cana como fonte de energia renovável (OLIVEIRA et al., 2007), com a indústria canavieira encontrando-se em um novo ciclo de expansão (RODRIGUES; ORTIZ, 2010).

A cana-de-açúcar cultivada originou-se a partir de hibridações interespecíficas entre *S. officinarum* e outras espécies do gênero *Saccharum* (*S. spontaneum*, *S. barberi* e *S. sinense*), também envolvendo retrocruzamentos repetidos com *S. officinarum* (IRVINE, 1999).

As principais variedades cultivadas são resultantes de programas de melhoramento como as nacionais: IAC, CTC (com sigla inicial SP), RB, Copersucar e PLANAÇUCAR; além das variedades estrangeiras (CP, Q e CO) e híbridos do gênero *Saccharum*. Tais programas procuram obter, além das características agrônomicas de produtividade, resistência a pragas e doenças, rusticidade, algumas características industriais como: alto teor de sacarose e teor médio de fibras essenciais para uma exploração com base técnico-econômica (STUPIELLO, 1987).

Uma das maneiras de alcançar o progresso do setor agropecuário é a utilização de híbridos entre as cultivares e espécies nativas não cultivadas relacionadas, as quais são fontes de biodiversidade de germoplasma (NASSAR et al., 2008). O autor ainda salienta que há outras espécies ainda não exploradas, que podem representar diversidade de germoplasma e melhorias para as culturas como a da cana-de-açúcar. ALELLYX (2008) cita que no Brasil as espécies selvagens de *Saccharum*, são pouco conhecidas e que trabalhos mais aprofundados sobre taxonomia e biologia destas espécies são importantes. Para tanto, é necessário conhecer, entre outras características, os aspectos anatômicos das espécies nativas não cultivadas.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, F.; KHAN, M. A.; AHMAD, M.; ZAFAR, M.; ARSHAD, M.; KHAN, A.; SHAH, G. M.; AWAN, M. R. Taxonomic utilization of anatomical characters in tribe Andropogoneae (Poaceae) based on transverse sections of leaves. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n.14, p. 1349-1358. 2010.

ALELLYX APPLIED GENOMICS. **Informações Relevantes Sobre a Cana de açúcar Para a Regulamentação de Variedades Transgênicas**: Economia, origem, distribuição geográfica, botânica, genética, melhoramento, produtos e subprodutos e impactos na saúde humana e no meio ambiente. São Paulo, 2008. 43 p.

AMALRAJ, V. A.; BALASUNDARAM, N. On the taxonomy of members of 'Saccharum complex'. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 53, p. 35-41. 2006.

ARTSCHWAGER, E. Anatomy of vegetative organs of sugarcane. **Journal of agricultural Research**, v. 30, n.3, p. 197-241. 1925.

ARTSCHWAGER, E. A comparative study of the stem epidermis of certain sugarcane varieties. **Journal of agricultural Research**, v. 41, n. 12, p. 853-865. 1930.

ARTSCHWAGER, E. Morphology of the vegetative organs of sugarcane. **Journal of agricultural Research**, v. 60, n.8, p. 503-549. 1940.

CAPUTO, M. M.; BEAUCLAIR, E. G. F.; SILVA, M. A.; PIEDADE, S. M. S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação, **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 15-23. 2008.

CASTRO, P. R. C; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de culturas extrativas**: cana-de-açúcar, seringueira, Coqueiro, dendazeiro e oliveira. Cosmópolis: Stollier do Brasil, 2001. 138 p.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; ABREU, H. M. C.; ARRUDA, P.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; BURNQUIST, W. L.; CRESTE, S.; CIERO, L. D.; FERRO, J. A.; FIGUEIRA, A. V. O.; FILGUEIRAS, T. S.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; GUZZO, E. C.; HOFFMANN, H. P.; LANDELL, M. G. A.; MACEDO, N.; MATSUOKA, S.; REINACH, F. C.; ROMANO, E.; SILVA, W. J.; SILVA-FILHO, M. C.; ULIAN, E. C. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil, **Tropical Plant Biology**, fev. 2011. Disponível em: <[http://www.reinach.com/publications/Sugarcane .pdf](http://www.reinach.com/publications/Sugarcane.pdf)> Acesso em: 08 fev. 2011.

CLAYTON, W, D.; RENVOIZE, S. A. **Genera Graminum**: Grass of the world. Kew Bulletin Additional Series XII (Her Majesty Stationary Office). 1986.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2011. - Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab. 2011. 18 p.

CORRÊA, M. C. M.; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, p. 1159-1163. 2001.

COSTA, M. C. G.; MAZZA, J. A.; VITTI, G. C. **Variedades de cana-de-açúcar vs. Adaptação aos solos vs. renovação do sistema radicular**. Disponível em: < [http://www.ipni.info/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/4c603bf804e5a38032570d8004c0634/\\$FILE/Anais%20Mirian%20Cristina%20Gomes%20Costa.pdf](http://www.ipni.info/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/4c603bf804e5a38032570d8004c0634/$FILE/Anais%20Mirian%20Cristina%20Gomes%20Costa.pdf) >. Acessado em 04 maio 2010.

DILLON, S. L.; SHAPTER, F. M.; HENRY, R. J.; CORDEIRO, G.; IZQUIERDO, L.; LEE, L. S. Domestication to crop improvement: genetic resources for *Sorghum* and *Saccharum* (Andropogoneae), **Annals of Botany**, v. 100, p. 975-989. 2007.

FILGUEIRAS, T. S.; LONGHI-WAGNER, H. M.; VIANA, P. L.; ZANIN, A.; GUGLIERI, A.; OLIVEIRA, R. C. DE; CANTO-DOROW, T. S.; SHIRASUNA, R. T.; VALLS, J. F. M.; OLIVEIRA, R. P.; RODRIGUES, R. S.; SANTOS-GONÇALVES, A. P.; WELKER, C. A. D. *Poaceae* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000193>, acessado em: 16 mar 2012.

FILGUEIRAS, T.; LERINA, R. *Saccharum* L. In: LONGHI-WAGNER, H. M.; BITTRICH, V.; WANDRELEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J. (Ed.). *Poaceae*. In: WANDRELEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S. (Org.). **Flora fanerogâmica do estado de São Paulo**. São Paulo: Fapesp/hucitec, 2001. v. 1, p. 108-110.

FORZZA, R.C.; LEITMAN, P. M.; COSTA, A.; CARVALHO-JÚNIOR, A. A.; PEIXOTO, A. L.; WALTER, B. M. T.; BICUDO, C.; ZAPPI, D.; COSTA, D. P.; LLERAS, E.; MARTINELLI, G.; LIMA, H. C.; PRADO, J.; STEHMANN, J. R.; BAUMGRATZ, J. F. A.; PIRANI, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; MAIA, L. C.; LOHMANN, L. G.; PAGANUCCI, L.; SILVEIRA, M.; NADRUZ, M.; MAMEDE, M. C. H.; BASTOS, M. N. C.; MORIM, M. P.; BARBOSA, M. R.; MENEZES, M.; HOPKINS, M.; SECCO, R.; CAVALCANTI, T.; SOUZA, V. C. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Vol. 1. 871p.

GRASS PHYLOGENY WORLD GROUP – GPWG. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 88, n. 3, p. 373-457. 2001.

GRASSL, C. O. Taxonomy of *Saccharum* relatives: *Sclerostachya*, *Narenga* and *Erianthus*, **Breeding and Genetics**, p. 240- 248. 1971.

HITCHCOCK, A. S. **Catalogue of the grasses of Cuba**. Washigton: Smithsonian institution, 1909. 258p.

HITCHCOCK, A. S.; CHASE, A. **Catalogue of the West Indies**. Washigton: Smithsonian institution, 1917. 412p.

IRVINE, J.E. *Saccharum* species as horticultural classes. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 98, p. 186-194. 1999.

JACOBS, B. F.; KINGSTON, J. D.; JACOBS, L. L. The origin of grass-dominated ecosystems. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 86, n. 2, p. 590-643. 1999.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. Poro Alegre: Artmed, 2009. 612p.

JULIEN, M. H. R.; IRVINE, J. E.; BRENDA, G. T. A. Anatomía, morfología y fisiología de la caña de azúcar. In: RICAUD, C.; EGAN, B. T.; GILLASPIE-JÚNIOR, A. G.; HUGHESC. G. **Diseases of sugarcane: major diseases**. Amsterdam, Oxford, Ney York and Toyo: ELSEVIER, 1989. Cap. 1, p. 18-20.

MARTINS, M. B. G. CASTRO, P. R. C. Efeitos de giberelina e ethephon na anatomia de plantas de cana-de-açúcar, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 10, p. 1855-1863. 1999.

METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons: I Gramineae**. New York: Clarendon Press, 1960. 731p.

MILLER, J. D.; GILBERT, R. A.; Sugarcane botany: a brief view, Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/SC/SC03400.pdf>>. Acessado em 22 jun 2011.

MOLINA, A. M. El género *Erianthus* (Gramineae) em la Argentina y países limítrofes. **Darwiniana**, v.23, n. 24, p. 559-585, 1981.

MUKHERJEE, S. K. Revision of the genus *Erianthus* Michx. (Gramineae). **Lloydia**, v.21, n. 3, p.157-188, 1958.

NASSAR, N. M. A.; HASHIMOTO, D. Y. C.; FERNANDES, S. D. C. Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 1, p. 16-28. 2008.

NUNES, M. F. F. N.; SILVA, E. F. F.; COSTA, J. C. **Eficiência de aplicação em potencial de pivôs centrais na cana-de-açúcar em função do tempo de uso**. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0214-3.pdf>>. Acessado em 25 maio 2010.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H. IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V. P.; BLANCO, C. C.; BOLDRINI, I. I.; BOTH, R.; FORNECK, E. D. Os Campos sulinos: um bioma negligenciado In: Pillar, V. P.; Müller, S. C.; Castilhos, Z. M. S.; Jacques, A. V. A. **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. Cap. 2, p. 26-41.

PIASCENTE, F. J.; PIASCENTE, E. A. Desenvolvimento sustentável na agroindústria canavieira: uma discussão sobre os resíduos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA AMÉRICA LATINA, 1, 2004, *Anais...* Campinas. pp. 1-13, 2004.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil**. Disponível em: <[http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol\\_sustentabilidade.pdf](http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdf)>. Acessado em 23 maio 2010.

ROSENGURTT, B.; MAFFEI, B. R. A.; ARTUCIO, P. I. **Gramineas Uruguayas**. Universidad de la Republica, Departamento de publicaciones, 1970. 489p.

SÁNCHEZ-KEN, J.G.; CLARK, L.G.; KELLOGG, E.A.; KAY, E.E. Reinstatement and emendation of subfamily Micrairoideae (Poaceae). **Systematic Botany**, v. 32, n. 1, p. 71-80. 2007.

SHANTZ, H. L. The place of grasslands in the Earth's Cover. **Ecology**, v. 35, n. 2, p. 143-145. 1954.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, Baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. 704 p.

STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria prima. In: **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. São Paulo: Fundação Cargill, 1987. Cap. 7, v. 2, p. 761-804.

TERRELL, E. E.; PETERSON, P. M. Annotated list of maryland grasses (Poaceae). **Journal Botany Research Institute Texas**, v. 3, n. 2, p. 905–919. 2009.

The Plant List. **Saccharum**. Disponível em: < <http://www.theplantlist.org/tpl/search?q=Saccharum>>. Acessado em 31 julho 2010.

VENKATRAMAN, R. S. T. S.. Sugarcane root systems: studies in development an anatomy. In: INDIAN SCIENCE CONGRESS, 9, 1922, *Anais...* Madras, pp 381-395, 1922.

VIANA, P. L.; FILGUEIRAS, T. S. Inventário e distribuição geográfica de gramíneas (Poaceae) na Cadeia do Espinhaço, Brasil. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 71-88. 2008.

WANG, X. H.; YANG, Q. H.; LI, F. S.; HE, L. L.; HE, S. C. Molecular identification os *Saccharum* spp. x *Erianthus fulvus* hybrids using sequence-characterized amplified regions markers. **Crop science**, v. 49, n. 2, p. 864-870, 2009.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. **The grass genera of the world**. C.A.B International, Tucson. 1994.

WELKER, C. A. D. **Os gêneros *Eriochrysis* P. Beauv., *Imperata* Cirillo, *Saccharum* L. e *Schizachyrium* Nees (Poaceae - Andropogoneae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

## CAPÍTULO 1<sup>3</sup>

# Aspectos anatômicos da raiz de *Saccharum* L. (Poaceae) nativas do Brasil

---

<sup>3</sup> Para este capítulo seguiram-se as normas da revista Acta Botanica Brasílica.

## Resumo

(Aspectos anatômicos da raiz de *Saccharum* L. (Poaceae) nativas do Brasil). O trabalho visa estudar as estruturas anatômicas das raízes das espécies nativas de *Saccharum* (*Saccharum angustifolium* (Nees) Trin., *S. asperum* (Nees) Steud. e *S. villosum* Steud.) e duas prováveis espécies novas (*Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2), enfocando aspectos de importância taxonômica e ecológica. Os aspectos anatômicos apresentados em comum para todas as espécies analisadas são características manifestadas para outras espécies do “complexo *Saccharum*”, entretanto, existem caracteres distintivos que, além de permitir auxiliar na identificação das espécies, as dividem em três grupos, de acordo com as condições do solo: seco (*S. angustifolium*), úmido (*Saccharum* sp. 1) ou encharcado (demais espécies). *S. angustifolium* distingue-se pelo formato das raízes, número de polos do protoxilema e espessamento da exoderme e periciclo. As espécies encontradas em locais encharcados diferenciam-se pelo diâmetro e periciclo com paredes celulares delgadas; *Saccharum* sp. 1, pelo número de camadas do anel esclerenquimático, espessamento e formato da endoderme. Espécies que sobrevivem nas mesmas condições do solo compartilham maior número de características em comum. Estes dados reforçam a importância da anatomia radicular com valor taxonômico, além de mostrar as diferentes estratégias relacionadas à adaptação das plantas às diferentes condições do solo.

**Palavras-chaves:** Andropogoneae, anatomia ecológica, ambiente alagado, taxonomia, estratégias adaptativas.

## Abstract

(Anatomical aspects of the root of *Saccharum* L. (Poaceae) native to Brazil). This study aims to investigate the anatomic structures of the roots of *Saccharum* native species (*Saccharum angustifolium* (Nees) Trin., *S. asperum* (Nees) Steud. e *S. villosum* Steud.) and two probable new species (*Saccharum* sp. 1 and *Saccharum* sp. 2), focusing on important taxonomic/ecologic aspects. Anatomical aspects presented in common to all analyzed species exist in the other species of “*Saccharum* complex”. However, there are distinctive characters that, in addition to allow helping in species identification, place them into three groups, according to soil conditions: dry (*S. angustifolium*), wet (*Saccharum* sp. 1) or soaked (other species). *S. angustifolium* differentiate by the roots form, number of protoxylem poles, thickening of the exoderm and pericycle. Species that survive in the same soil conditions share a greater number of common characteristics; *Saccharum* sp. 1 by the number of sclerenchymatous ring layers, endoderm form and thickening; those one that were found in soaked places, by the diameter and pericycle with thin cell walls. These data reinforce the importance of root anatomy with taxonomic purposes, in addition to show the different strategies related to plant adaptation to different soil conditions.

**Keywords:** Andropogoneae, ecological anatomy, aquatic plants, taxonomy, adaptative strategies.

## Introdução

*Saccharum* L. (Andropogoneae: Poaceae) possui grande importância econômica, uma vez que é utilizado na produção do açúcar e do etanol (Cheavegatti-Gianotto *et al.*, 2011), entre outros aspectos. No Brasil, conforme Filgueiras & Welker (2012), há três espécies nativas deste gênero: *Saccharum angustifolium* (Nees) Trin., *S. asperum* (Nees) Steud. e *S. villosum* Steud.

Neves & Zanin (2011) comentam que as espécies nativas de *Saccharum* supracitadas têm preferência por ambientes úmidos e em beira de estrada; frequentemente estão incluídas em levantamentos e/ou revisões realizadas em ambientes brejosos (Martins *et al.*, 2008; Mendonça *et al.*, 2008; Kozera *et al.*, 2009; Andrade *et al.*, 2011; Munhoz *et al.*, 2011; Neves & Zanin, 2011; Welker & Longhi-Wagner, 2012). De acordo com a classificação de Lacoul & Freedman (2006), *Saccharum* pode ser descrito como uma planta aquática, uma vez que está enraizada em substratos permanentes ou sazonalmente úmidos, desenvolvendo-se principalmente em águas rasas e estendendo-se acima da superfície da água.

A maior dificuldade para as plantas sujeitas à submersão é suportar a deficiência de oxigênio, bem como as fitotoxinas liberadas pelos micróbios anaeróbicos (Vatarpetian & Jackson, 1997). Sob tais condições, a capacidade de crescimento das gramíneas é variável. A umidade excessiva do solo inibe o crescimento radicular da maioria das espécies, mas algumas são adaptadas a viverem sob tais condições (Gould, 1968; Armstrong *et al.*, 1991).

Raízes de plantas sujeitas a alagamento desenvolvem diferentes estratégias para evitar ou tolerar longos períodos de anaerobiose ou a total submersão (Vatarpetian & Jackson, 1997). Sorrell *et al.* (2000) ressaltam que tais estratégias são um conjunto de adaptações fisiológicas e anatômicas. Nestes ambientes é comum a suberização da exoderme e endoderme, o desenvolvimento de um proeminente aerênquima cortical ou formação de lacunas no córtex e redução do sistema vascular (Dickison, 2000).

O conhecimento do sistema radicular é de fundamental importância para a compreensão dos fenômenos ocorridos na parte aérea da planta (Vasconcelos *et al.*, 2003) e do comportamento ecológico de uma espécie (Wahl & Ryser, 2000). Entretanto, poucos estudos têm sido realizados com relação ao sistema radicular de *Saccharum*, uma vez que normalmente, para o gênero, os trabalhos estão baseados na parte aérea da planta e nas variedades de *S. officinarum* L. (Vasconcelos & García, 2005)

Em taxonomia, os caracteres morfológicos são utilizados para identificação e definição de possíveis inter-relações entre os grupos. Nas análises anatômicas, algumas estruturas são usualmente constantes em diferentes partes da planta, e são mais confiáveis do que os caracteres da morfologia externa empregados em taxonomia (Cotthem, 1970).

De acordo com Londoño (2011) a anatomia tem desempenhado um papel importante em estudos sistemáticos de Poaceae, tornando-se uma ferramenta básica nos sistemas de classificação. Estudos anatômicos são altamente significativos, especialmente quando associados aos aspectos fisiológicos, ecológicos e comparativos, subsidiando trabalhos taxonômicos (Metcalf & Chalk, 1979).

Em relação à anatomia das raízes de *Saccharum*, apesar de raros, alguns trabalhos tem sido realizados, merecendo destaque os estudos de Venkatraman & Thomas (1922), Bakker (1999) e Gilbert *et al.* (2007), além de outros sobre a compactação do solo e a estrutura das raízes de cana-de-açúcar, como os de Trowse-Junior & Humbert (1961) e Queiroz-Voltan *et al.* (1998). Artschwager (1925) e Metcalfe (1960) citam que a raiz de *Saccharum officinarum* L. é semelhante às raízes da maioria das gramíneas.

Desta forma, este trabalho visa conhecer as estruturas anatômicas das raízes das espécies nativas de *Saccharum* enfocando os aspectos de importância taxonômica e ecológica.

## **Metodologia**

### **Material Vegetal**

O trabalho foi realizado com as espécies nativas do gênero *Saccharum*: *S. angustifolium*, *S. asperum* e *S. villosum*; além de duas prováveis espécies novas, conforme o especialista Professor Dr. Tarciso de Sousa Filgueiras, sendo uma da região de Alto Paraíso de Goiás (*Saccharum* sp. 1) e outra do Município de Rio Verde – GO (*Saccharum* sp. 2) (Tab. 1). Todas as amostras coletadas estavam florescidas; parte do material coletado foi herborizado e depositado no herbário da Universidade de Brasília (UB). No momento da coleta ainda foram observadas as condições do solo (Tab. 1).

Para o estudo anatômico das raízes, as amostras para as secções foram obtidas de pelo menos três indivíduos diferentes para cada população coletada (Tab. 1), em raízes do perfilho totalmente desenvolvidas, que não apresentavam danos aparentes e pelo menos a um centímetro da base do rizoma. As amostras foram preservadas em álcool etílico 70% (Jensen,

1962) e glicerina 4:1 (permanecendo imersas nesta solução até etapas posteriores) e processadas no Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade de Brasília.

### Microscopia óptica

Para as secções transversais das raízes, foram feitos cortes à mão livre em micrótomo de Ranvier (R. Jungag Heidelberg). Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio 20% durante três horas e hipoclorito de sódio 30% por duas horas (Kraus & Arduin, 1997), as soluções foram trocadas a cada hora. Posteriormente corados em dupla coloração - safranina 1% e azul de alcião 1% na proporção 1:4 (Luque *et al.*, 1996), desidratados em série etílica, diafanizados em acetato de butila e montadas em resina sintética (Paiva *et al.*, 2006).

Cerca de 30 lâminas permanentes para cada espécie foram confeccionadas e depositadas no laminário do Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade de Brasília – UnB, como testemunha do material utilizado.

Os caracteres analisados seguem metodologia de Graciano-Ribeiro *et al.* (2006); foram propostas categorias para algumas características (Tab. 2) e para o diâmetro dos elementos de vaso utilizou-se a terminologia de Fedalto *et al.* (1989). A partir dos dados obtidos elaborou-se uma chave de identificação com os caracteres qualitativos mais contrastantes apresentados pelas espécies nativas de *Saccharum*.

A avaliação quantitativa dos tecidos da raiz foi realizada com auxílio do *software* de análise de imagens IMAGE-PRO®PLUS. Para cada espécie foram analisadas, ao todo, 30 secções e tomadas medidas de cada uma das variáveis: espessuras da epiderme, exoderme, anel esclerenquimático, aerênquima/parênquima cortical e endoderme; espessura da parede periclinal interna da exoderme e endoderme e a porcentagem que elas ocupam na célula; diâmetro total da raiz, do cilindro vascular e do elemento de vaso do metaxilema; área do elemento de vaso do metaxilema. Foram contados o número de camadas do anel esclerenquimático e do aerênquima/parênquima cortical e a relação córtex/cilindro vascular.

As fotomicrografias das secções histológicas foram obtidas com auxílio do fotomicroscópio Olympus CX 31 e da máquina fotográfica Olympus C-7070.

## Análise estatística

Para os dados quantitativos descritos no item anterior, foram calculados a média e os desvios padrões. Para comparação entre as populações, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e, quando a diferença foi significativa, as suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Santos *et al.*, 2008). Quando não satisfeitas as premissas necessárias de normalidade e homocedasticidade, foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Santana & Ranal, 2004). Para estas análises, foi utilizado o programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007).

As espécies foram comparadas entre si, de acordo com as características estruturais analisadas, mediante uma matriz de ausência/presença composta com os caracteres considerados discriminativos, ou seja, aqueles que variam entre as espécies e podem ser separados em grupos, e que não estejam relacionados às condições ambientais. Para análise de *cluster* utilizou-se uma matriz de dados com 46 estados de caracteres anatômicos agrupados pela técnica de ligação de média de grupos (UPGMA - “*Unweightes Pair-Group Method using Arithmetic Averages*”) e o índice de Sorensen para a distância de similaridade. Para esta análise, foi usado o programa MVSP (Mueller-Dombois & Ellenberg, 2002).

Com os dados quantitativos, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) utilizando dados padronizados. Os dados quantitativos padronizados foram realizados dividindo-se cada média da variável pelo seu desvio padrão. Foram então utilizadas as variáveis que seguiam as premissas de normalidade e homocedasticidade e que contribuíam para a variação total da análise, totalizando 10 caracteres. Para esta análise utilizou-se o *software* Fitopac 2.1.2.85 (Shepherd, 2010).

## Resultados

### Descrição das espécies estudadas

As raízes apresentam formato circular. *Saccharum angustifolium*, entretanto, apresentou formato ovóide (Fig. 1A). Em relação ao diâmetro (Tab. 2) podem ser separadas em dois grupos: *S. asperum* ( $1736.61 \pm 165.69 \mu\text{m}$ ), *S. villosum* ( $1669.19 \pm 217.87 \mu\text{m}$ ) e *Saccharum* sp. 2 ( $1561.49 \pm 165.06 \mu\text{m}$ ) são pequenas e *S. angustifolium* ( $2425.21 \pm 165.94 \mu\text{m}$ ) (Fig. 1A) e *Saccharum* sp. 1 ( $2356.25 \pm 299.87 \mu\text{m}$ ) (Fig. 4A) que se mostram grandes.

Em todas as espécies, a epiderme é uniestratificada com paredes celulares e cutículas delgadas. Células epidérmicas comuns são estreitas em *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2, médias em *S. angustifolium* e *S. asperum* e largas em *Saccharum* sp. 1 (Tab. 2); em todas as espécies possuem formato quadrado, pentagonal ou hexagonal, sendo ligeiramente alongadas no eixo vertical em *S. angustifolium* (Fig. 1B e 1F), *S. asperum* (Fig. 2B) e *Saccharum* sp. 1 (Fig. 4B). Em *Saccharum* sp. 2, em vários locais, estas células se romperam, notando-se perda desta camada (Fig. 5B).

Foram observados pelos radiculares unicelulares simples, de tamanho variável, em geral curtos, com extremidade arredondada e parede celular delgada em *S. angustifolium* (Fig. 1E), *S. asperum* (Fig. 2B), *S. villosum* (Fig. 3B) e *Saccharum* sp. 1 (Fig. 4B). Além destes, nota-se ainda pelos ramificados, com ramificação bifurcada partindo aproximadamente da região mediana em *S. angustifolium* (Fig. 1D) e *Saccharum* sp. 1 (Fig. 4C), estes são estruturalmente semelhante aos demais.

O córtex das espécies estudadas consiste em quatro partes: exoderme e cilindro cortical lignificado (anel esclerenquimático), constituindo o córtex externo; parênquima cortical, frequentemente com células colapsadas formando um vasto aerênquima, constituindo o córtex mediano; e a endoderme (córtex interno). *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 são as espécies que possuem o córtex estatisticamente mais espessos que as demais (Tab. 3).

A exoderme uniestratificada localiza-se logo abaixo da epiderme, possui células de formato quadrado à heptagonal, sendo os formatos mais comuns pentagonais e hexagonais. Estatisticamente, células exodérmicas com maiores alturas são encontradas em *S. angustifolium*, *S. asperum* e *Saccharum* sp. 1 e a menor em *Saccharum* sp. 2 (Tab. 3).

Em todas as espécies, esta camada possui espessamento em forma de “U” com parede periclinal interna mais espessada que as demais, com exceção de *S. angustifolium*, no qual é em forma de “O” com paredes periclinais mais espessas que as anticlinais (Fig. 3D). De acordo com a classificação mostrada na tabela 2 em *S. villosum* as paredes periclinais internas são largas ( $37.61 \pm 9.31\%$  da célula), em *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2 são médias,  $23.27 \pm 4.84\%$  e  $26.66 \pm 6.96\%$ , respectivamente, em *S. asperum* finas ( $17.74 \pm 5.41\%$ ) e em *S. angustifolium* são pouco evidentes ( $13.51 \pm 4.97\%$ ) (Tab. 3).

O anel esclerenquimático possui até três camadas, exceto em *Saccharum* sp. 1 (Fig. 4B) que possui de 3-5 camadas, as células são poligonais, ligeiramente tabulares com espaço intercelulares raros e triangulares; o espessamento é pouco pronunciado em *S. villosum* (Fig. 3B) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 5B). De acordo com a classificação mostrada na tabela 2 é

estreito em *S. villosum* ( $16.75 \pm 5.07 \mu\text{m}$ ) e *Saccharum* sp. 2 ( $18.45 \pm 3.91 \mu\text{m}$ ), média em *S. asperum* ( $25.24 \pm 6.00 \mu\text{m}$ ) e largo em *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1,  $49.06 \pm 5.52$  e  $51.53 \pm 6.73 \mu\text{m}$ , respectivamente (Tab. 3).

Diferentemente do córtex externo, o córtex mediano, que compreende a maior parte da raiz, é constituído por células parenquimáticas. Em relação ao número de camadas foi possível distinguir dois grupos bem característicos: até 15 ou a partir de 16 camadas. Todas as espécies encontram-se no primeiro grupo, exceto *S. angustifolium* (Fig. 1E) e *Saccharum* sp. 1 com até 22 camadas de células. Apenas *S. angustifolium* possui córtex mediano estatisticamente maior que as demais (Tab. 3). Nas espécies analisadas, esta região pode apresentar-se de três formas: totalmente preenchida por parênquima cortical, com cavidades aerenquimáticas ou por aerênquima aerenquimatoso.

Parênquima cortical totalmente preenchido é encontrado em *S. angustifolium* (Fig. 1A e 1E) e *S. asperum* (Fig. 2C), sendo mais comum na primeira; as células parenquimáticas são isodiamétricas, com lúmen amplo, paredes delgadas e com espaços intercelulares quadrados ou triangulares.

Em *S. angustifolium* (Fig. 1F), *S. asperum* e *S. villosum* (Fig. 3C) também podem ser vistas cavidades aerenquimáticas, porém de ocorrência mais rara. Neste tipo de córtex as lacunas não ocupam todo o espaço entre a endoderme e o anel esclerenquimático, existindo um número variável de camadas de parênquima cortical entre as cavidades e o anel esclerenquimático e/ou entre as cavidades e a endoderme. O formato das células parenquimáticas é semelhante às descritas para o parênquima cortical totalmente preenchido

Aerênquima foi encontrado em todas as espécies (Fig. 2A, 3A, 4C e 5C), porém em *S. angustifolium* ocorre raramente. É formado por processo esquizo-lisígeno com lacunas dispostas radialmente do anel esclerenquimático à endoderme. Fileiras com um número variável de células parenquimáticas não colapsadas podem ser vistas mais próximas à endoderme; raramente fileiras inteiras com células não colapsadas podem ser vistas (Fig. 4C).

Próximo à endoderme, mesmo quando ocorrem cavidades aerenquimáticas ou aerênquima, encontram-se até quatro camadas de células justapostas menores que as demais células corticais (Fig. 3B), são quadradas, às vezes ligeiramente achatadas, com espaços intercelulares quadrados.

Onde há o desenvolvimento de raízes laterais, como em *S. asperum* (Fig. 2F) e *S. villosum* (Fig. 3G), o córtex apresenta-se totalmente preenchido por células parenquimáticas (córtex intacto), mesmo que nas demais regiões tenham-se desenvolvido aerênquima ou

cavidades aerenquimáticas (Fig. 3F). Nestas regiões a exoderme, anel esclerenquimático (Fig. 3F e 3G) e endoderme (Fig. 2I e 3F) não possuem espessamento, formando “janelas”. Quando estas “janelas” não estão presentes, como verificado raramente em *S. asperum*, a raiz lateral não emerge e desenvolve-se no interior da raiz parental (Fig. 2G e 2H).

A endoderme consiste de uma camada de células geralmente quadradas, possuem espessamento em forma de “U”, exceto *Saccharum* sp. 1, em que ocorre uma projeção na região central do espessamento (Fig. 4E). Em *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 as células da endoderme são estatisticamente mais altas que as demais, enquanto as de *S. asperum* são menores (Tab. 3).

De acordo com a classificação mostrada na tabela 2, em *Saccharum* sp. 1 as paredes periclinais internas são largas ( $49.43 \pm 7.84\%$  da célula), em *S. asperum* ( $30.18 \pm 12.62\%$ ), *S. villosum* ( $28.48 \pm 6.68\%$ ) e *Saccharum* sp. 2 ( $34.74 \pm 6.39\%$ ) são médias e em *S. angustifolium* ( $17.14 \pm 4.91\%$ ) são finas (Tab. 3). As células endodérmicas apresentam pontoações simples, raro ramificadas.

O cilindro vascular é bem desenvolvido. Podendo ser encontrado de forma circular ou ovóide (*S. angustifolium* e *S. asperum*) (Fig. 1A e 2C). Os maiores diâmetros foram encontrados em *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1. Esta última também possui a menor relação córtex/cilindro enquanto *S. asperum*, *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2 são as espécies que possuem maior relação (Tab. 3).

O periciclo uniestratificado é observado em *S. asperum* (Fig. 2E), *S. villosum* (Fig. 3E) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 5E) e pluriestratificado (1-4 camadas) nas demais espécies (Fig. 1H e 4E). Apresenta paredes celulares delgadas, sendo levemente espessada em *S. angustifolium* (Fig. 1H) e espessada em *Saccharum* sp. 1 (Fig. 4E). Quando pluriestratificado a camada mais externa é contínua de formato poligonal ou tabular, nas demais camadas são interrompidas com formato poligonal.

Em *S. asperum* e *S. villosum*, há a formação de raízes laterais a partir do periciclo, (Fig. 2I e 1F). Estas são estreitas, possuem epiderme uniestratificada, células corticais sem espessamento de parede, cilindro vascular reduzido, possuindo de 1 a 4 elementos de vaso de protoxilema e medula conspícua (Fig. 2D). Durante o seu desenvolvimento ainda ocorrem lignificação das células parenquimáticas ao seu redor (Fig. 2H).

No tecido floemático o protofloema não foi visualizado e o metafloema é conspícua, assim como o protoxilema e o metaxilema. O protoxilema alterna-se com o tecido floemático, é composto por até 40 polos, exceto em *S. angustifolium* que possui acima de 40 polos (Fig.

1G). O metaxilema em *S. asperum*, *S. villosum*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2 possuem até 15 arcos e *S. angustifolium* (Fig. 1G) possui de 16 a 20 arcos. De acordo com a classificação apresentada na tabela 2 o diâmetro do metaxilema é muito pequeno em *Saccharum* sp. 2 e pequeno nas demais espécies. *Saccharum* sp. 1 é a espécie que possui maior diâmetro e, conseqüentemente, maior área, dos elementos de vaso do metaxilema; *Saccharum* sp. 2 é o que possui o menor diâmetro e menor área (Tab. 3). Os tecidos vasculares são circundados por células parenquimáticas com paredes espessadas.

A medula possui células parenquimáticas isodiamétricas com paredes delgadas; entretanto, próximos aos feixes vasculares, às paredes celulares são espessadas. Paredes espessadas na região central da medula são comuns em *S. asperum* (Fig. 2D) e *S. villosum*.

#### Análises de similaridade

Pela análise anatômica foi verificado que as raízes de *Saccharum* apresentam em comum: epiderme uniestratificada com parede celular e cutícula delgada, formato das células epidérmicas comuns, pelos radiculares unicelulares (exceto *Saccharum* sp. 2, uma vez que nesta espécie não foram observadas estas estruturas); exoderme uniestratificada; anel esclerenquimático com células de formato poligonal, ligeiramente tabulares, com espaço intercelulares raros; aerênquima radial formado por processo esquizo-lisígeno, porém com fileiras não colapsadas próximo a endoderme; sistema vascular poliarco e região medular bem desenvolvida.

A partir dos caracteres considerados distintivos (Tab. 4) foi gerado um dendograma mostrando as principais relações entre as espécies (Fig. 6). Ao nível de similaridade de 50% foi possível distinguir três grupos: o primeiro formado por *S. angustifolium*, o segundo por *Saccharum* sp. 1, e o terceiro por *S. asperum*, *Saccharum* sp. 2 e *S. villosum*. O maior índice de similaridade (0.788) encontra-se entre *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2.

*S. angustifolium* distingue-se das demais espécies pela presença do formato ovóide das raízes, exoderme com espessamento em “O” e pouco perceptível, aerênquima raro, parênquima cortical a partir de 16 camadas, parênquima cortical totalmente preenchido presente e comum, periciclo com parede levemente espessada, endoderme com espessamento fino e xilema com mais de 40 polos de protoxilema.

*Saccharum* sp. 1 é caracterizada por células epidérmicas comuns grandes, anel esclerenquimático acima de três camadas, endoderme com espessamento largo e com projeção na região central e periciclo com paredes espessadas.

O terceiro grupo é sustentado pela presença de raízes estreitas, endoderme com espessamento médio, além do periclo uniestratificado e com células de paredes delgadas.

*S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2 possuem conjuntos de características exclusivas que as distinguem das demais. Para as duas primeiras espécies são as mesmas características dos grupos que elas compõem, para *Saccharum* sp. 2, entretanto, a presença de metaxilema muito pequeno é característico desta espécie. Todas as características anatômicas apresentadas por *S. villosum* e *S. asperum* também são compartilhadas pelas outras espécies.

Através da análise de componentes principais (PCA) dos dados quantitativos foram selecionadas as dez características mais representativas: espessura da epiderme, espessura total da exoderme, espessura da parede periclinal interna da exoderme, porcentagem da parede periclinal interna da exoderme em relação a célula, espessura total do anel esclerenquimático, espessura total da região parenquimática do córtex, espessura da endoderme, porcentagem da parede periclinal interna da endoderme em relação à célula, relação córtex/cilindro vascular e diâmetro total dos elementos de vaso do metaxilema. O Eixo 1 da PCA explicou 61,63% enquanto que o eixo 2 apenas 18,66% (Fig. 7).

Os autovetores indicam que *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2 estão altamente correlacionados, seguidos por *S. asperum*; *Saccharum* sp. 1 e *S. angustifolium* que aparecem isolados. O diâmetro total dos elementos de vaso é o principal fator que agrupa *S. villosum*, *Saccharum* sp. 2 e *S. asperum*, este último distingue-se das duas primeiras espécies pela espessura total da região parenquimática do córtex (Fig. 7). A característica mais correlacionada com *Saccharum* sp. 2 é espessura total da exoderme, enquanto a característica mais correlacionada com *S. angustifolium* é espessura total do anel esclerenquimático (Fig. 7).

Observa-se ainda que a espessura da parede periclinal interna da exoderme e a sua porcentagem em relação à célula são as características que menos estão correlacionadas entre as espécies. A espessura da parede periclinal interna da endoderme e a sua porcentagem em relação à célula são altamente correlacionados entre si, porém fracamente relacionados entre as espécies, exceto em *Saccharum* sp. 2 (Fig. 7).

Chave de identificação para as espécies nativas de *Saccharum* com base nas características anatômicas da raiz.

1. Periciclo pluriestratificado, pelos radiculares simples e ramificados e raiz com diâmetro largo (a partir de 2000,01  $\mu\text{m}$  / 2365.25 – 2425.21  $\mu\text{m}$ ) ..... 2
2. Exoderme com espessamento em “O”, comum a presença de parênquima cortical totalmente preenchido, espessamento da endoderme fino (entre 15,01 a 20%) e em “U”, células pericíclicas levemente espessadas; a partir de 41 polos de protoxilema e a partir de 16 arcos de metaxilema ..... *S. angustifolium*
2. Exoderme com espessamento em “U”, comum a presença de aerênquima, espessamento da endoderme largo (acima de 35,01%) e com projeção central, células pericíclicas espessadas, até 40 polos de protoxilema e até de 15 arcos de metaxilema ..... *Saccharum* sp. 1
1. Periciclo uniestratificado, pelos radiculares sempre simples e raiz com diâmetro estreito (até 2000  $\mu\text{m}$  / 1561.49 - 1736.61  $\mu\text{m}$ ) ..... 3
3. Células epidérmicas comuns alongadas ..... *S. asperum*
3. Células epidérmicas comuns não-alongadas ..... 4
4. Metaxilema entre 51 e 100  $\mu\text{m}$  e medula com região central com paredes espessadas ..... *S. villosum*
4. Metaxilema entre 31 e 50  $\mu\text{m}$  e medula com região central com paredes não-espessadas ..... *Saccharum* sp. 2

## Discussão

Em geral, raízes de *Saccharum* apresentam formato circular. O formato ovóide apresentado por *S. angustifolium* não é comum, embora também tenha sido descrito para *Saccharum munja* Roxb. (Rahar *et al.* 2011), sinonimizado por Zuloaga *et al.* (2003) a *S. bengalense* Retz.

As espécies com menor diâmetro cresceram sob condições de alagamento, enquanto as que apresentavam maior diâmetro foram coletadas em terreno úmido ou seco, corroborando o que foi afirmado por Webster & Eaves (1971) e Gilbert *et al.* (2007). Estes autores citam que raízes de *Saccharum* desenvolvidas em terrenos inundáveis apresentam menor diâmetro, uma vez que sob tais condições ocorre a morte das extremidades da raiz e posterior estimulação de

raízes laterais. Para as espécies analisadas o surgimento de raízes laterais ocorreu em *S. villosum* e *S. asperum*, espécies de região encharcada, novamente confirmando o que foi comentado pelos autores supracitados.

## Epiderme

Nas espécies analisadas, a parede celular e cutícula mostraram-se delgadas. De acordo com Esau (1977) esta é uma característica comum para raízes em crescimento primário. Para Sculthorpe (1967), a dificuldade de obter oxigênio é um dos fatores responsáveis pela presença de cutícula fina, o que favorece a passagem de gases dissolvidos na água para o interior do órgão. Leite (2008) sugere que a presença de cutícula fina em macrófitas além de favorecer a aeração nos órgãos imersos, lhes confere proteção, atuando como mais uma barreira contra ataque de patógenos.

As células epidérmicas apresentaram tamanhos e formatos variáveis. O que também foi descrita em *Oryza sativa* L. (Clark & Harris, 1981), algumas espécies de Bambusoideae (Rachael & Curtis, 1990) e outros grupos de monocotiledôneas (Marques & Moscheta, 2010).

Nas espécies estudadas, os pelos radiculares são comumente curtos. Apesar de serem incomuns em gramíneas, ocorrendo frequentemente pelos longos e persistentes (Metcalf, 1960) são mais eficientes na adsorção e absorção que pelos longos (Cutter, 1986).

Plantas aquáticas frequentemente perdem os pelos radiculares e possuem menos pelos que plantas desenvolvidas em solo seco (Mauseth, 1988; Fahn, 1990); por outro lado, a presença de pelos radiculares é comum em plantas aquáticas (Shannon, 1953; Sculthorpe, 1967). É possível que a ausência de pelos radiculares em *Saccharum* sp. 2 se deva a região em que foram realizados os cortes.

Pelos radiculares são tipicamente unicelulares e não ramificados, sendo os ramificados mais raros (Evert, 2006). Em *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1, espécies coletadas em solo seco e úmido, respectivamente, entretanto, observou-se, além de pelos não ramificados, pelos radiculares dicotômicos. Este tipo já foi descrito para *Triticum aestivum* L. (Wu & He, 2011) De acordo com Medeiros (2006) a ramificação dos pelos radiculares é um recurso avançado e especializado para plantas que vivem em solos secos e está relacionado com a maior eficiência de absorção. Mesmo tendo relação com as condições ambientais, podem, conforme afirmam Row & Reeder (1957), ter valor sistemático em Poaceae. Dittmer (1949) cita que são

estruturas que possuem uniformidade dentro de uma mesma espécie, demonstrando que é uma característica estável.

### Região cortical

As partes constituintes do córtex: exoderme; cilindro cortical lignificado (anel esclerenquimático); parênquima cortical, frequentemente com células colapsadas formando um vasto aerênquima; e endoderme, corroboram os descritos para espécies de *Saccharum* e gêneros relacionados (Artschwager, 1925; Metcalfe, 1960; Jayalakshmi *et al.*, 2010; Rahar *et al.*, 2011). Para Cutler *et al.* (2011), esta região como um todo possui maior importância ecológica do que sistemática, uma vez que pode ser extremamente variável. Contudo, para as espécies estudadas algumas características podem ser úteis taxonomicamente.

A exoderme pode possuir uma ou mais camadas de células (Mauseth 1988). Peterson & Perumalla (1990) citam que a exoderme é um tipo especial de hipoderme que desenvolve estrias de Caspary em suas paredes anticlinais. Exoderme uniestratificada para raízes de *S. officinarum* foram descritos por Artschwager (1925), Metcalfe (1960) e Perumalla *et al.* (1990). Esta mesma característica ocorre para as espécies examinadas. Exodermes unisseriadas foram identificadas para muitos grupos de plantas aquáticas: *O. sativa* (Clark & Harris, 1981), Eriocaulaceae (Coan *et al.*, 2002) e Cyperaceae (Leite *et al.*, 2009). A variação no formato da altura das células da exoderme está de acordo com o apresentado por Artschwager (1925) para *S. officinarum* (variedade roxa de Louisiana).

Nas espécies estudadas foram observadas variações significativas em relação à altura das células da exoderme, sendo possível a separação de grupos. De acordo com Melo *et al.* (2007) não há variações significativas na altura deste tipo celular com alterações na disponibilidade hídrica, mostrando que esse caractere pode ser usado com valor sistemático.

As espécies analisadas exibem tanto espessamento da exoderme em “U” como em “O”. Este último é menos comum, porém, para monocotiledôneas, já foi descrito em espécies epifíticas de Orchidaceae (Stern & Whitten, 1999; Moreira & Isaias, 2003) e Bromeliaceae (Silva & Scatena, 2011). Estes últimos autores sugerem que raízes com células exodérmicas de paredes totalmente espessadas propiciam uma diminuição da transpiração e uma fixação mais eficiente ao substrato, podendo ser uma vantagem em ambientes mais secos (Taleisnik *et al.*, 1999). *S. angustifolium*, coletada em ambientes secos, possui o espessamento das paredes periclinais menos evidentes, porém o espessamento apresentado pela espécie é em “O”. Esta

espécie talvez, para sobreviver em solos mais secos, utilize como estratégia o reforço de todas as paredes da exoderme ao invés de somente a parede periclinal interna.

Subjacente à exoderme, observa-se o anel esclerenquimático que pode variar no número de camadas e grau de espessamento da parede celular. Smirnoff & Crawford (1983) citam que é comum a ocorrência de um anel esclerenquimático entre monocotiledôneas. Soper (1959) afirma que esta região, assim como a exoderme, auxilia no reforço da raiz, possuindo importância na prevenção do colapso do órgão quando este se encontra submerso. Ranathunge *et al.* (2003) ainda acrescentam que esta camada pode impedir o fluxo de água apoplástico no interior da raiz.

Nota-se que, para as espécies em estudo, o número de camadas do anel esclerenquimático não apresentou relação com as condições do solo e que houve uma diferença entre populações (até três e acima de três camadas). Em *S. officinarum*, Artschwager (1925) e Metcalfe (1960) descrevem esta estrutura contendo até duas camadas, sendo que na maioria das espécies analisadas ocorre até três. *Saccharum* sp. 1, entretanto, possui de 3-5 camadas, assemelhando-se com o descrito para *S. munja* por Rahar *et al.* (2011). Podemos inferir, então, que esta característica possui utilidade taxonômica.

Para cultivares de *O. sativa*, Mostajeran & Rahimi-Eichi (2008) observaram que o anel esclerenquimático apresenta células com paredes mais delgadas quando em submersão do que quando apenas em solos constantemente úmidos, mas sem encharcamento. Os autores justificam este fato explicando que raízes expostas a solos mais secos necessitam de tecidos mecânicos mais resistentes abaixo da epiderme para evitar a dessecação. Para as espécies de *Saccharum* avaliadas, observou-se que plantas coletadas em solo seco e úmido possuem paredes celulares do anel esclerenquimático espessadas; em solo encharcado somente *S. asperum* apresentou espessamento evidente das paredes celulares do anel esclerenquimático; as demais apresentaram espessamento pouco evidente. Desta forma, este estudo corrobora, em parte, os resultados apresentados por Mostajeran & Rahimi-Eichi (2008).

Uma vez que não houve relação do espessamento das paredes do anel esclerenquimático, para todas as espécies avaliadas, às condições do solo, consideramos esta característica com valor taxonômico. O mesmo ocorre com a espessura do anel esclerenquimático como um todo.

Para as espécies de *Saccharum* examinadas a maior porção do córtex é composta por células parenquimáticas de parede celular delgada e amplos espaços intercelulares, que frequentemente formam o aerênquima. Aliscioni (2000) cita que o aerênquima, em *Paspalum*,

teria certo valor informativo devendo ser considerada em análises sistemáticas do gênero. Para *Saccharum* também foi considerado este caráter como tendo valor taxonômico.

É possível que as espécies estudadas de *Saccharum* produzam aerênquima como uma forma de evitar o estresse causado pela falta de oxigenação nas raízes. De acordo com Levitt (1980) a presença do aerênquima aumenta a resistência ao estresse hídrico.

Aerênquima esquizo-lisígeno encontrado para as espécies de *Saccharum* do presente trabalho também foram observados em *Sorghum bicolor* (L.) Moench. (Sangster, 1978), *Cyperus giganteus* Vahl (Rodrigues & Estelita, 2004) e *Typha glauca* Godr. (Seago *et al.*, 2005). O padrão radiado assemelha-se ao encontrado em muitas gramíneas (Metcalf, 1960; Justin & Armstrong, 1987; Seago *et al.*, 2005). Para os trabalhos de anatomia da raiz dos gêneros pertencentes ao “complexo *Saccharum*” este padrão foi descrito para *S. officinarum* (Metcalf, 1960), *S. spontaneum* (Srinivasan & Batch, 1962) e *Imperata cylindrica* L. (Jayalakshmi *et al.*, 2010). Drew *et al.* (1980), Drew & Linch (1980), Drew & Fourcy (1986) e Kochian & Lucas (1988) sugerem que fileiras de células não colapsadas, presentes frequentemente nas espécies em estudo, estariam relacionadas com o transporte simplástico de íons através do aerênquima.

Vale ressaltar que Artschwager (1925) e Metcalf (1960) não citam a presença de aerênquima para *S. officinarum*; Rahar *et al.* (2011) também não observaram a formação deste tecido em *S. munja*. Entretanto, Ray & Sinclair (1999) *apud* Morris & Tai (2004) examinando mais de 30 genótipos de cana-de-açúcar, encontraram a presença de tecido aerenquimático em todos os genótipos analisados, estando estes em condição de hipoxia ou não. Aerênquima também foi encontrado para *S. officinarum* e híbridos de *S. officinarum* x *S. spontaneum* ou *S. barberi* (Srinivasan & Batcha, 1962), *I. cylindrica* (Jayalakshmi *et al.*, 2010) e para *Erianthus* (Jackson & Henry, 2011). Jackson & Henry (2011) ainda acrescentam que a capacidade de *Erianthus* sobreviver a condições de alagamento está diretamente ligada à capacidade de suas raízes formarem aerênquima. Nas espécies analisadas, aparentemente, a formação do aerênquima está relacionada à hipoxia, uma vez que esta estrutura é comum em solos encharcados e rara em regiões de solos mais secos.

Para as raízes que não formam aerênquima, Scatena & Menezes (1996), Coan *et al.* (2002) e Scatena *et al.* (2005) relacionam o fato de crescerem em locais onde o solo não permanece encharcado por longos períodos, não permitindo assim a atuação do etileno na formação de estruturas que acumulam ar. Entretanto, mesmo em *S. angustifolium*, espécie coletada em solos secos, foi possível notar ocasional presença de parênquima cortical

acumulador de ar. Nesta espécie observou-se, no mesmo espécime, raízes que apresentavam aerênquima bem desenvolvido e outras em que o parênquima cortical estava totalmente preenchido.

Há duas explicações possíveis para este fenômeno. Coan *et al.* (2002) citam que a ocorrência destes dois tipos de raízes no mesmo espécime pode ser explicado pelo hábito da planta, podendo as raízes com aerênquima serem mais velhas e terem se desenvolvido no período que a planta estava sob solo encharcado e as raízes sem aerênquima tenham sido formadas já em solo seco, após o nível da água ter reduzido. Por outro lado, Baruch & Mérida (1995) afirmam que gramíneas que crescem em ambiente seco desenvolvem cavidades aeríferas devido ao aumento da concentração de etileno causada pela reduzida concentração de oxigênio. Para saber ao certo o motivo da ocorrência destes dois tipos de raízes no mesmo espécime de *S. angustifolium* seria necessário um acompanhamento mais detalhado das populações coletadas e das variações do clima da região. Entretanto, sabe-se que a região em que foram realizadas as coletas das populações desta espécie não sofrem alagamento, o que nos leva a crer que, para esta espécie, a segunda explicação é a mais provável.

Mesmo ocorrendo a formação de aerênquima, segmentos do córtex permanecem intactos (não aerenquimatoso) em regiões de desenvolvimento de raízes laterais, como relatado para *Juncus effusus* L., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Nardus stricta* L. (Smirnoff & Crawford, 1983), *O. sativa* (Justin & Armstrong, 1987), *Typha glauca* Godr. (Seago & Marsh, 1989), *Zea mays* L. (Drew *et al.*, 1980), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (Soukup *et al.*, 2002) e algumas espécies de *Otachyrium* (Graciano-Ribeiro, 2002). Neste caso, Smirnoff & Crawford (1983) citam que hormônios, dentre eles o etileno, seria responsável pela prevenção do colapso celular na região de emergência das raízes laterais; o que demonstraria que o colapso do parênquima cortical não é realizado de forma aleatória. Estes trabalhos corroboram as observações feitas em *S. villosum* e *S. asperum*, uma vez que parênquima cortical incólume também foi observado nos locais de desenvolvimento de raízes laterais.

Além disso, esta região difere das demais regiões da raiz pela ausência dos espessamentos da parede característicos da exoderme, anel esclerenquimático e endoderme como ressaltado por Justin & Armstrong (1987), McClure & Mallett (1993), Votrubová & Pecháčková (1996) e Soukup *et al.* (2002). Estes dois últimos trabalhos afirmam que a descontinuidade das camadas lignificadas nestas regiões são cruciais para o desenvolvimento das raízes laterais, de tal forma que, caso estas “janelas” não sejam formadas, as raízes laterais

não emergem e passam a se desenvolverem longitudinalmente dentro do córtex da raiz parental. Raiz lateral não emergente devido à ausência de “janelas” do espessamento da exoderme, anel esclerenquimático e endoderme foi verificada em *S. asperum* confirmando observações de Soukup *et al.* (2002).

As células não colapsadas encontradas na região periférica do córtex mediano em *Saccharum* são similares às encontradas em *Otachyrium* (Graciano-Ribeiro, 2002), algumas espécies de Cyperaceae (Rodrigues & Estelita, 2004; Leite *et al.*, 2009) e Bromeliaceae (Lobo *et al.*, 2008). O arranjo das células desta região do córtex foi utilizado por Goller (1977) *apud* McDonalds *et al.* (2002) para dividir Poaceae em dois grupos: tipo ‘festucóide’ cujas células são hexagonais e possuem espaços intercelulares triangulares e o tipo ‘panicóide’ cujas células são cuboides e possuem espaços intercelulares quadrados. De acordo com esta classificação todas as espécies analisadas são do tipo ‘panicóide’.

Em relação ao número de camadas do córtex, observa-se que *S. villosum*, *S. asperum* e *Saccharum* sp. 2, plantas coletadas em solo encharcado, possuem o córtex estatisticamente mais estreito que as demais. Insausti *et al.* (2001) afirmam que, para *Paspalum dilatatum* Poir. sujeitas a alagamento, o menor comprimento do córtex refere-se à diminuição do número de camadas celulares e à formação de maiores espaços intercelulares, que auxiliam na manutenção de um sistema de difusão de gases contínuo ao aerênquima formado. Drew (1997) acredita que a diminuição na biomassa das raízes possa estar relacionada à baixa atividade metabólica sob anoxia.

Para as espécies analisadas, foi possível distinguir dois grupos bem distintos em relação ao número de camadas do córtex mediano, sendo considerado como tendo valor taxonômico. Cutler *et al.* (2011) afirmam que, mesmo variando entre espécimes de uma mesma espécie, dentro de certos limites, é possível distinguir espécies de um gênero se algumas delas possuírem várias camadas e outras poucas.

Nota-se que na região parenquimática do córtex as raízes presentes em solos úmidos possuem características intermediárias de solo seco e encharcado, o que pode ser confirmado em *Saccharum* sp. 1. Esta espécie apresenta número de camadas da região parenquimática do córtex semelhante à coletada em solo seco, porém com espessura total semelhante às apresentadas em solo encharcado.

Internamente ao córtex mediano, a endoderme forma uma bainha em torno do cilindro vascular (Van Fleet, 1961; Enstone *et al.*, 2003). Nas espécies estudadas observou-se

endoderme uniestratificada e com células poligonais, às vezes alongadas verticalmente, corroborando trabalhos de Artschwager (1925) e Rahar *et al.* (2011).

Espessamento em “U”, encontrado em todas as espécies estudadas, é uma característica comum entre as gramíneas (Metcalf, 1960) e de outros grupos de monocotiledôneas (Coan *et al.*, 2002; Lobo *et al.*, 2008; Moreira & Isaías, 2008; Silva & Scatena, 2011; Silva *et al.* 2010). Em *Saccharum* sp. 1, entretanto, ocorre mais comumente, uma projeção na região central do espessamento da endoderme; este formato não foi relatado para o gênero e não caracteriza nenhum dos tipos descritos por Kauff *et al.* (2000) (em “U”, em “U-invertido” ou em “O”).

Outro critério de separação utilizado refere-se ao espessamento da parede periclinal interna da endoderme; segundo este critério, as espécies em estudo puderam ser separadas em três grupos. A separação de grupos a partir do espessamento da endoderme também foi utilizada em raízes de *Actinocephalus* por Scatena *et al.* (2005), neste caso separando espécies que possuíam espessamento da endoderme acentuado e pouco acentuado. Cutler *et al.* (2011) afirmam que devido a diversidade de formatos (relação de altura e largura) e as diferenças ao nível de espessamento da parede de células endodérmicas em monocotiledôneas é possível oferecer descrições características de uma espécie ou grupos de espécies.

#### Cilindro vascular

Embora o periciclo em gramíneas comumente é pluriestratificado (Williams, 1947; Fahn, 1990) as espécies analisadas apresentam periciclo uniestratificado (*S. asperum*, *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2); nas demais (*S. angustifolium* e *Saccharum* sp.1) é formado por mais de uma camada. Periciclo unisseriado também foi descrito para *S. officinarum* (Artschwager, 1925) e *S. munja* (Rahar *et al.*, 2011). O número de camadas do periciclo é uma importante característica que pode ser usado com valor taxonômico, tendo sido usado para separar gêneros e/ou espécies em Poaceae (Raechal & Curtis, 1990) ou outras famílias de monocotiledôneas (Kauff *et al.*, 2000; Coan *et al.*, 2002; Scatena *et al.*, 2005; Silva & Scatena, 2011).

As paredes delgadas para a maioria das espécies analisadas corroboram os trabalhos de Artschwager, (1925) e Rahar *et al.* (2011), porém diferem do padrão esclerificado descrito para Poaceae (Mauseth, 1988). Talvez isto ocorra por que estas espécies encontram-se em solo encharcado; Williams (1947) cita que células pericíclicas com paredes espessadas têm sido encontradas em gramíneas que se desenvolvem em clima quente onde o solo pode ser

seco e pobre. Entretanto esta relação não foi observada para a *Saccharum* sp. 1, coletada em solos úmidos, uma vez que esta possui paredes mais espessas que *S. angustifolium*, que se desenvolve em solos secos.

Raechal & Curtis (1990) citam que raízes de Bambusoideae são facilmente distinguíveis por características do periciclo como: tamanho, número de camadas e espessamento das células. Este último critério também foi adotado por Coan *et al.* (2002), Scatena *et al.* (2005) e Silva & Scatena (2011) com utilidade taxonômica. Em *Saccharum* observou-se que o espessamento das células do periciclo também pode ser usado com critério taxonômico.

Nas espécies de *Saccharum* avaliadas com periciclos pluriestratificados as camadas mais internas são interrompidas por células floemáticas; este fato também foi observado por Soper (1959), Clark & Harris (1981), Seago & Marsh (1989), Coan *et al.* (2002) e Scatena *et al.* (2005).

Mauseth (1988) destaca a região pericíclica como ponto de origem das raízes laterais. O desenvolvimento destas estruturas associado às condições de alagamento foi evidenciado por diversos autores (Bloom *et al.*, 1990; Sorrel, 1994, Vapertian & Jackson, 1997; Gilbertt *et al.*, 2007) e está relacionado com o mecanismo de tolerância às condições de alagamento, permitindo a sobrevivência do órgão durante o período de baixa oxigenação, aumentando a aeração radicular e, de acordo com Drew e Lynch (1980), diminui a susceptibilidade a toxinas. Estes dados corroboram os apresentados em *S. villosum* e *S. asperum* coletadas em solo encharcado.

A formação de raízes laterais em *Saccharum* sob condições de alagamento foi referido por Srinivasan & Batcha (1962). Armstrong *et al.* (1991) afirmam que as implicações para o desenvolvimento de raízes laterais em espécies de zonas úmidas devem ser induzidas por caracteres genéticos, e não por características ambientais. *Saccharum* sp. 2 apesar de estar sob condição de encharcamento não apresentou desenvolvimento de raízes laterais.

O reduzido tamanho destas raízes laterais é destacado por Armstrong (1991) e Volder *et al.* (2005); este último cita que raízes estreitas possuem maior capacidade de absorção. Em *Saccharum*, a lignificação das células parenquimáticas durante o desenvolvimento das raízes laterais corrobora Soukup *et al.* (2002). Colmer (2003b) cita que esta lignificação é importante para evitar a perda radial O<sub>2</sub>.

Em *Saccharum* o tecido de sustentação é reduzido, podendo ser altamente lignificado. Em plantas aquáticas, esta redução é relatada por Sculthorpe (1967) e Leite (2008). Este

último trabalho cita que em Cyperaceae aquáticas o pouco tecido de sustentação existente encontra-se associado ao sistema vascular. A redução de sustentação em plantas aquáticas ocorre devido a água assumir o principal papel de sustentação através do aerênquima desenvolvido (Sculthorpe, 1967).

As espécies de *Saccharum* avaliadas são poliarcas. Assim como o apresentado por Jayalakshmi *et al.* (2010) em *I. cylindrica* o protofloema é inconspícuo, o metafloema quando distinguível alterna-se com o protoxilema. O tecido floemático é semelhante entre as espécies analisadas não apresentando valor diagnóstico. Por outro lado distinguem-se em relação ao número dos elementos de vaso do protoxilema e metaxilema. O número de polos do protoxilema foi utilizado com valor taxonômico por Silva & Scatena (2011) e Bryne (1974), enquanto que os polos de metaxilema foram usados por Metcalfe (1960) e Stern (1997).

Graciano-Ribeiro (2002) ao estudar *Otachyrium* verificou que o número de polos do metaxilema varia de acordo com o diâmetro do estelo. Entretanto, verificou-se que o diâmetro do elemento de vaso do metaxilema também pode interferir no número de arcos. Isto é observado quando compara-se *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1. Estas duas espécies possuem estelo de diâmetro estatisticamente igual, entretanto, *S. angustifolium* (que possui a partir de 16 arcos de metaxilema) apresenta polos de metaxilema menor que *Saccharum* sp. 1 (que possui até 15 arcos de metaxilema). Diferente das espécies avaliadas, foram relatados para *S. officinarum* oito polos de metaxilema (Metcalfe, 1960; Queiroz-Voltan, 1998).

Melo *et al.* (2000) verificaram que *Paspalum* houve diminuição do diâmetro do metaxilema nas condições de deficiência hídrica. Provavelmente a redução no diâmetro do metaxilema é uma resposta comum em plantas submetidas a condições de estresse e as diferenças no diâmetro dos vasos têm um valor adaptativo, uma vez que o menor diâmetro possivelmente seria uma resposta para garantir o fluxo de água e evitar a embolia dos vasos (Carlquist, 2001).

Em *Saccharum* plantas de solo encharcado e seco apresentaram diâmetro de metaxilema estatisticamente semelhante, ao mesmo tempo em que plantas coletadas sob condições de solo similares (*S. villosum*, *S. asperum* e *Saccharum* sp. 2) mostraram-se estatisticamente diferentes. Observa-se também que quando o solo encontra-se úmido ocorre um maior diâmetro dos elementos de vaso o que nos leva a acreditar que tanto sob condições de alagamento quanto em solo seco *Saccharum* responde ao estresse diminuindo o diâmetro dos elementos de vaso para evitar a cavitação.

Apesar de o diâmetro dos elementos de vaso estar fortemente ligado a condições ambientais observou-se que, segundo a classificação de Feldato *et al* (1989), plantas submetidas a diferentes condições de estresse (solo seco ou encharcado) enquadram-se no mesmo grupo e plantas submetidas as mesmas condições de solo como *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2, ambas coletadas em solo encharcado, encontram-se em grupos distintos.

Região medular parenquimática é descrita para muitos grupos; em relação a membros do “complexo *Saccharum*” foi descrito para *S. officinarum* (Artschwager, 1925, Metcalfe, 1960, Queiroz-Voltan, 1998; Chaves *et al.*, 2009), *S. munja* (Rahar *et al.*, 2011) e *I. cylindrica* (Jayalakshmi *et al.*, 2010). Nas espécies estudadas o parênquima medular pode ser formado por células fortemente lignificadas ou não. Medula ocupada por esclerênquima foi citado para *O. sativa* (Clark & Harris, 1981) e outros representantes de Poales (Seago & Marsh, 1989; Sorrel *et al.*, 2000; Silva & Scatena, 2011). Esta característica foi usada com utilidade taxonômica por Silva *et al.* (2010).

O espessamento nas paredes da medula é comum em plantas de ambientes alagados (Seago & Marsh, 1989) e resulta em uma maior proteção mecânica do órgão compensando a fragilidade causada pelas lacunas corticais e evitando a quebra da raiz (Chaves *et al.* 2009). Estes últimos autores ainda acrescentam que o maior espessamento das células da medula são mais evidentes em plantas submetidas a longos períodos de inundação. Desta forma, além de função taxonômica, é possível que a medula ocupada por esclerênquima em *S. villosum* e *S. asperum*, seja uma resposta destas espécies às condições de encharcamento do solo.

Foi notado que plantas coletadas em solo seco ou úmido tiveram diâmetro total da raiz estatisticamente maior que as plantas coletadas em solo encharcado. Este fator possivelmente influenciou a maior relação córtex/cilindro vascular em solos encharcados do que nos secos, corroborando trabalho de Venkatraman & Thomas (1922). Maiores valores na razão CO/CV em áreas encharcadas mais compactadas tanto pode ter ocorrido por um aumento na espessura do córtex como por uma diminuição na espessura do cilindro vascular. Segundo Queiroz-Voltan *et al.* (1998), é provável que tenha sido causada devido a diminuição do córtex, uma vez que Pereira *et al.* (2008) observam que o córtex é uma das estruturas anatômicas da raiz mais sensíveis às mudanças no ambiente, enquanto o cilindro vascular praticamente não sofre mudanças. Queiroz-Voltan *et al.* (1998) ainda citam que maior compactação do córtex em cana-de-açúcar, que contém um aerênquima bem desenvolvido, poderia favorecer a aeração radicular.

## Análise de similaridade

Os aspectos apresentados em comum para todas as espécies analisadas são características manifestadas por outras espécies do “complexo *Saccharum*” (Artschwager, 1925; Metcalfe, 1960; Jayalakshmi *et al.*, 2010; Rahar *et al.*, 2011) e muitas outras gramíneas (Metcalfe, 1960).

As análises de *cluster* e PCA, efetuadas com base nos dados listados separa as espécies em três grupos distintos. Observou-se que as espécies que se desenvolviam em condições de solos semelhantes ficaram mais próximas. Mostrando que os grupos apresentam diferentes estratégias para sobreviver às condições do solo.

Nos trabalhos de taxonomia para as espécies nativas de *Saccharum* (Neves & Zanin, 2011; Welker & Longhi-Wagner, 2012) citam que a pilosidade das espiguetas aproximam *S. angustifolium* e *S. villosum*, entretanto as análises anatômicas da raiz mostram que estas espécies encontram-se em grupos distintos. Dentre os principais fatores que as distinguem encontram-se: formato das raízes (01), espessamento da exoderme (10 e 13), periciclo com parede levemente espessada (38) e número de polos do protoxilema (40 e 41); estes caracteres tem sido tradicionalmente usados para distinção de espécies de monocotiledôneas (Bryne, 1974; Rachel & Curtis, 1990; Stern & Whitten, 1999; Moreira & Isaias, 2003; Scatena *et al.*, 2005; Coan *et al.*, 2002; Silva & Scatena, 2011).

Neves & Zanin (2011) citam que *S. angustifolium* ocorrem em regiões úmidas. Porém, assim como as espécies de *S. angustifolium* coletadas para este trabalho, Welker & Longhi-Wagner (2012) ressaltam que a preferência desta espécie é por campos secos e muito raramente ocorrem em campos úmidos. De acordo com Srinivasan & Batcha (1962) as espécies de *Saccharum* coletadas a partir de um habitat seco podem mostrar capacidade de adaptação a alagamento e em relação aos gêneros afins a *Saccharum*, por eles estudadas, *Erianthus* mostrou diferentes graus de adaptabilidade, porém possuem dificuldades para se adaptarem a ambientes encharcados.

As características adaptativas desta planta para sobreviver em solos mais secos são fundamentais para distinção desta espécie das demais espécies nativas de *Saccharum*. De acordo com Graciano-Ribeiro (2002), apesar de incomum, tais características podem possuir valor taxonômico.

*Saccharum* sp. 1, coletada em solos úmidos, possui características comuns a plantas de solo seco como: diâmetro largo da raiz (03) e pelos radiculares ramificados (09). Assim

como também possui características de plantas de locais úmidos: região parenquimática do córtex com até poucas camadas (15), comum a presença de aerênquima (24) e número reduzido de elementos de xilema (40). Tais características justificam a localização desta espécie como um grupo distinto na análise conglomerados.

Características presentes somente nesta espécie como anel esclerenquimático acima de três camadas, endoderme com espessamento largo e com projeção na região central, são aspectos importantes que a mantêm em um grupo à parte.

Apesar de *Saccharum* sp. 1 ter apresentado o maior número de camadas no anel esclerenquimático, nota-se, pela PCA, que a espessura total do anel esclerenquimático está mais relacionada à *S. angustifolium*.

As espécies coletadas em solo encharcado: *S. asperum*, *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2, apresentam características em comum que as permitem sobreviver sobre condições de hipoxia, como raízes com diâmetro estreito (02) (Webster & Eaves, 1971; Gilbert *et al.*, 2007) e periciclo com paredes celulares delgadas (37) (Williams, 1947), além das características em comum a *Saccharum* sp. 1 supracitadas.

O grupo que ocorre em solos encharcados é o que possui maior similaridade, por isso as espécies não apresentam muitas características individuais, como as citadas para *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1. O grupo como um todo compartilha características em comum; além das já citadas (02, 15, 24, 37 e 40) eles compartilham o espessamento médio (33) e periciclo uniestratificado (35).

A presença de medula com região central de paredes espessadas (além de não espessadas) (46) está presente somente em *S. villosum* e *S. asperum*; enquanto que C.E.C. não alongadas (5) e de tamanho pequeno (6), além de anel esclerenquimático com espessamento pouco evidente (18) e estreito (19) comuns a *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2 e ausentes em *S. asperum*. O maior número de características em comuns entre *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2 aproxima mais estas duas espécies.

Esta aproximação também é reforçada pela PCA, onde se nota que estas espécies são as mais correlacionadas, sendo o principal fator que separa *S. asperum* de *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2 é a maior espessura total da região parenquimática do córtex. Insausti *et al.* (2001) e Drew (1997) afirmam que a menor espessura do córtex é uma característica de plantas sujeitas a alagamento, sendo possível que mesmo estatisticamente iguais a maior espessura do córtex apresentada por *S. asperum* permita que esta espécie sobreviva mesmo

quando as condições de umidade do solo forem reduzidas, assemelhando esta espécie a plantas de ambiente úmido.

É possível que a ausência de características individuais em *S. villosum* e *S. asperum* seja devida à ampla distribuição geográfica destas duas espécies (Filgueiras & Welker, 2012).

A PCA mostrou que apesar de ter valor taxonômico descrito na literatura, a espessura da parede periclinal interna da exoderme (Melo *et al.*, 2007) e da parede periclinal interna da endoderme (Scatena *et al.*, 2005; Cutler *et al.*, 2011) e suas respectivas porcentagens em relação à célula, para as plantas em estudo, no que se refere ao seu valor quantitativo, pouco contribuíram para a separação das espécies. Entretanto, estes dados mostram-se importantes para a categorização da espessura da parede em relação às células (pouco evidente, fina, média e larga) utilizada para compor a matriz de ausência e presença e melhor diferenciar as espécies como mostrado na chave de identificação.

## Conclusão

A anatomia da raiz de *Saccharum* revela importantes características que podem ser úteis taxonomicamente, como às utilizadas na chave de identificação. Ao mesmo tempo em que mostra uma relação com as condições de umidade do solo, nas quais espécies que se desenvolvem em condições de solo parecidas apresentam estratégias adaptativas semelhantes. As duas prováveis espécies novas, especialmente *Saccharum* sp. 1, que aparece em um grupo à parte, mostram-se distintas anatomicamente das espécies nativas já descritas.

## Referências bibliográficas

- Aliscioni, S. S. 2000. Anatomía ecológica de algunas especies del género *Paspalum* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae). **Darwiniana** 38 (3-4): 187-207.
- Andrade, B. O.; Kozera, C.; Curcio, G. R. & Galvão, F. 2011. Vascular grassland plants of Tibagi River Spring, Ponta Grossa, Brazil. **Check List** 7(3): 257-262.
- Armstrong, J.; Armstrong, W. & Beckett, P. M. 1992. *Phragmites australis*: Venturi- and humidity-induced pressure flows enhance rhizome aeration and rhizosphere oxidation. **New Phytologist** 120: 197-207.
- Armstrong, W. 1980. Aeration in higher plants. **Advances in Botanical Research**. 7: 225-332.

- Armstrong, W.; Justin, S. H. F. W.; Beckett, P. M. & Lythe, S. 1991. Root adaptation to soil waterlogging. **Aquatic Botany** **39**: 57-73
- Artschwager, E. 1925. Anatomy of vegetative organs of sugar cane. **Journal of Agricultural Research** **30**(3): 197-241.
- Ayres, M.; Ayres-Júnior, M.; Ayres, D. L.; Santos, A. S. 2007. **BioEstat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. 5. ed. Belém, Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.
- Bakker, H. 1999. **Sugar Cane Cultivation and Management**. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Baruch, Z & Mérida, T. 1995. Effects of drought and flooding on root anatomy in four tropical forage grasses. **International Journal of Plant Sciences** **156** (4) : 514-521.
- Blom, C. W. P. M.; Voeselek, L. A. C. J.; Banga, M.; Engelaar, W. M. H. G.; Rijnders, J. H. G. M.; Van De Steeg, H. M. & Visser, E. J. W. 1994. Physiological ecology of riverside species: adaptive responses of plants to submergence. **Annals of Botany** **74** (3): 253-263.
- Bryne, J. M. 1974. Root Morphology. Pp. 3-27. In: Carson, E. W. (Ed.). **The plant root and its environment**. Charlottesville, University Press of Virginia.
- Carlquist, S. 2001. Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. 2ed. Berlin: Springer.
- Chaves, A.; Pedrosa, E. M. R.; Pimentel, R. M. M.; Coelho, R. S. B.; Guimarães, L. M. P. & Maranhão, S. R. V. L. 2009. Resistance induction for *Meloidogyne incognita* in sugarcane through mineral organic fertilizers. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **52** (6): 1393-1400.
- Cheavegatti-Gianotto, A.; Abreu, H. M. C.; Arruda, P.; Bessalho-Filho, J. C.; Burnquist, W. L.; Creste, S.; Ciero, L. D.; Ferro, J. A.; Fig.ueira, A. V. O.; Filgueiras, T. S.; Grossi-de-Sá, M. F.; Guzzo, E. C.; Hoffmann, H. P.; Landell, M. G. A.; Macedo, N.; Matsuoka, S.; Reinach, F. C.; Romano, E.; Silva, W. J.; Silva-Filho, M. C. & Ulian, E. C. 2011. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): A reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. **Tropical Plant Biology** **4**: 62–89.
- Clarck, L.H. & Harris, W.H. 1981. Observations on the root anatomy of rice (*Oryza sativa* L.). **American Journal of Botany** **68**:154-161.
- Coan, A. I.; Scatena, V. L.; Giulietti, A. M. 2002. Anatomia de algumas espécies aquáticas de Eriocaulaceae brasileiras. **Acta Botanica Brasilica** **16**(4): 371-384.

- Colmer, T.D. 2003a. Aerenchyma e a inducible barrier to radial oxygen loss facilitate root aeration in uple, paddy e deeper-water Rice (*Oryza sativa* L.) **Annals of Botany** **91**: 301-309.
- Colmer, T.D. 2003b. Long-distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration e radial oxygen loss from roots. **Plant, Cell and Environmental** **26**: 17-36.
- Cotthem, W. R. J. 1970. A classification of stomatal types, **Botanical Journal of the Linnean Society** **63**(3): 235-246.
- Cutler, D. F.; Botha, T. & Stevenson, D. W. 2011. **Anatomia Vegetal**: uma abordagem aplicada. Porto Alegre, Artmed.
- Cutter, E. 1986. **Anatomia vegetal**: Parte I Células e tecidos. 2ª ed. São Paulo, Roca.
- Dickson, W. C. 2000. **Integrative Plant Anatomy**. California, Academic Press.
- Dittmer, H. J. 1949. Root Hair Variations in Plant Species. **American Journal of Botany** **36** (2): 152-155.
- Drew, M. C. & Fourcy, A. 1986. Radial movement of cations across aerenchymatous roots of *Zea mays* measured by electron probe X-ray microanalysis. **Journal of Experimental Botany** **37** (6): 823-831.
- Drew, M. C. & Lynch, J. M. 1980. Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. **Annual Review Phytopathology** **18**: 37-66.
- Drew, M. C. & Stolz, L. H. 1991. Growth under oxygen stress. Pp. 331-350. In: Waisel, Y.; Eshel, A. & Kafkafi, U. (Ed.), **Plant Roots**: the hidden half. New York, Marcel Dekker Inc.
- Drew, M. C. 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology** **48**:223–250.
- Drew, M. C.; Chamel, A.; Garrec, J. & Fourcy, A. 1980. Cortical air spaces (aerenchyma) in roots of corn subjected to oxygen stress: structure and influence on uptake and ranslocation of <sup>86</sup>rubidium ions. **Plant Physiology** **65**: 506-511.
- Enstone, E. D.; Peterson, C. A. & Ma, F. 2003. Root endodermis and exodermis: structure, function, and responses to the environment. **Journal of Plant Growth Regulation** **21**:335–351.
- Esau, K. 1977. **Anatomy of seed plants**. 2d ed., New York, John Wiley.
- Evans, D. E. 2003. Aerenchyma formation. **New Phytologist** **161**: 35–49.

- Evert, R.F. 2006. **Esau's Plant anatomy. meristems, cells, and tissues of the plant body - Their structure, function, and development.** New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Fahn, A. 1990. **Plant anatomy.** 4 ed. Oxford, Pergamon Press.
- Fedalto, L. C.; Mendes, I. C. A. & Coradin, V. T. R. 1989. **Madeiras da Amazônia:** descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na Floresta Nacional dos Tapajós. Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.
- Felfili, J. M.; Carvalho, F. A.; Libano, A. M.; Venturoli, F.; Pereira, B. A. S. & Machado, E. L. M. 2011. Análise multivariada: princípios e métodos em estudo da vegetação. Pp.122-155. In: Felfili, J. M.; Eisenlohr, P. V.; Melo, M. M. R. F.; Andrade, L. A. & Meira-Neto, J. A. A. (Ed.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso.** Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa.
- Filgueiras, T. S. & Welker, C. A. D. 2012. *Saccharum* In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB013568> (Acesso 20/04/2012).
- Filgueiras, T. S. 2003. *Saccharum*. Pp. 550-557. In: R.J. Soreng & S.J. Pennington (eds.). **Catalogue of New World Grasses (Poaceae): III. Subfamilies Panicoideae, Aristidoideae, Arundinoideae and Danthonioideae.** v.46. Washington, Smithsonian Institution.
- Gilbert, R. A.; Rainbolt, C. R.; Morris, D. R. & Bennet, A. C. 2007. Morphological responses of sugarcane to long-term flooding. **Agronomy Journal** **99**: 1622–1628.
- Gould, F. W. 1968. **Grass systematic.** New York: McGraw-Hill Book Company.
- Graciano-Ribeiro, D. 2002. **Caracteres anatômicos aplicados à taxonomia e variações ambientais das espécies de *Otachyrium* da América do Sul.** Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Hammer, O.; Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. **PAST - Paleontological statistics, ver. 1.34,** <http://folk.uio.no/ohammer/past>. (Acesso 28/06/2011).
- Insausti, P.; Grimoldi, A. A.; Chaneton, E. J. & Vasellati, V. 2001. Flooding induces a suite of adaptive plastic responses in the grass *Paspalum dilatatum*. **New Phytologist** **152**: 291–299.
- Jayalakshmi, S.; Patra, A.; Lal, V. K. & Ghosh, A. K. 2010. Pharmacognostical standardization of roots of *Imperata cylindrica* Linn (Poaceae) **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research** **2** (8): 472-476.

- Jensen, W. A. 1962. **Botanical histochemistry**: principles and practices. São Francisco: W. H. Freeman.
- Justin, S. H. F. W. & Armstrong, W. 1987. The Anatomical Characteristics of Roots and Plant Response to Soil Flooding. **New Phytologist** **106** (3): 465-495.
- Kauff, F.; Rudall, P. J. & Conran, J. G. 2000. Systematic root anatomy of Asparagales and other monocotyledons. **Plant Systematics and Evolution**. **223**:139-154.
- Keating, R. C. 2004. Vegetative anatomical data and its relationship to a revised classification of the genera of araceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden** **91**(3): 485-494.
- Kochian, L. V. & Lucas, W. J. 1988. Potassium transport in roots. **Advances in Botanical Research** **15**: 91-178.
- Kozera, C.; Kuniyoshi, Y. S.; Galvão, F. & Curcio, G. R. 2009. Composição florística de uma formação pioneira com influência fluvial em Balsa Nova, PR, Brasil. **Floresta** **39** (2): 309-322.
- Kraus, J. E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR.
- Lacoul, P. & Freedman, B. 2006. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environmental Review** **14**: 89-136.
- Leite, K. R. B. 2008. **Morfoanatomia de espécies lacustres de monocotiledôneas do semi-árido da Bahia, Brasil**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- Leite, K. R. B.; França, F. & Scatena, V. L. 2009. Anatomia de espécies anfíbias de Cyperaceae de lagoas do semi-árido, BA, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **23**(3): 786-796.
- Lewitt, J. 1980. **Responses of plants to environmental stresses**: water, radiation, salt and other stresses. Vol II. Orlando, Academic Press, Inc. London.
- Lobo, G. M.; Voltolini, C. H.; Reis, A. & Santos, M. 2008. Morfoanatomia de raízes adventícias das reófitas *Dyckia Brevifolia* Baker e *D. Distachaya* Hassler (Bromeliaceae). **INSULA** **37**: 81-94.
- Londoño, X. 2011. **Distribucion, morfologia, taxonomia, anatomia, silvicultura y usos de los bambues del nuevo mundo**. <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html> (acesso 25/06/2011).

- Luque, R.; Sousa, H. C. & Kraus, J. E. 1996. Métodos de coloração de Roeser (1972) - modificado - e Kropp visando a substituição do azul de astra por azul de alciano GS ou GX. **Acta Botanica Brasilica** **10** (2): 199-212.
- Ma, F. & Peterson, C. A. 2003. Current insights into the development, structure, and chemistry of the endodermis and exodermis of roots. **Canadian Journal of Botany** **81** (5): 405-421.
- Marques, A. M. M. S. & Moscheta, I. S. 2010. Anatomy of the root of eight species of emergent aquatic macrophytes from the upper Paraná river, Paraná State, Brazil floodplain. **Acta Scientiarum Biological Sciences** **32** (3): 297-304.
- Martins, S. E.; Rossi, L.; Sampaio, P. S. P. & Magenta, M. A. G. 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertiooga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **22** (1): 249-274.
- Mauseth, J.D. 1988. **Plant anatomy**. San Francisco, The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc.
- McClure, M. E. & Mallett, J. E. 1993. The Branch roots of *Zea*. 3, vascular connections and bridges for nutrients Recycling. **Annals of Botany** **71**: 327-341.
- McDonald, M. P.; Galwey, N. W. & Colmer, T. D. 2002. Similarity and diversity in adventitious root anatomy as related to root aeration among a range of wetland and dryland grass species. **Plant, Cell and Environment** **25**: 441-451.
- Medeiros, J. D. 2006. Pelos radiculares ramificados em *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae). **INSULA** **35**: 85-94.
- Melo, H. C.; Castro, E. M.; Soares, A. M.; Melo, L. A. & Alves, J. D. 2007. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea** **34** (2): 145-153.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J. M.; Walter, B. M. T.; Silva-Júnior, M. C.; Rezende, A. V.; Filgueiras, T. S. Nogueira, P. E. & Fagg, C. W. 2008. Flora Vascular do Bioma Cerrado: Checklist com 12.356 espécies. Pp 423-442. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. & Ribeiro, J. F. (Ed.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica.
- Menezes, N. L.; Silva, D. C.; Arruda, R. C. O.; Melo-de-Pinna, G. F.; Cardoso, V. A.; Castro, N. M.; Scatena, V. L. & Scremin-Dias, E. 2005. Meristematic activity of the Endodermis and the Pericycle in the primary thickening in monocotyledons.

- Considerations on the "PTM". **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **77** (2): 259-274.
- Metcalfe, C. R. & Chalk, L. 1979. **Anatomy of the dicotyledons**: Systematic anatomy of the leaf and stem. 2 ed. New York: Oxford science publications.
- Metcalfe, C. R. 1960. **Anatomy of the monocotyledons**: I Gramineae. Oxford: Clarendon Press.
- Morard, P. & Silvestre, J. 1996. Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: A review. **Plant and Soil** **84** (2): 243-254.
- Moreira, A. S. F. P. & Isaias, R. M. S. 2008. Comparative anatomy of the absorption roots of terrestrial and epiphytic orchids. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **51** (1): 83-93.
- Morris, D. R. & Tai, P. Y. P. 2004. Water table effects on sugarcane root and shoot development. **Journal American Society Sugar Cane Technologists** **24**: 41-59.
- Mostajeran, A. & Rahimi-Eichi, V. 2008. Drought stress effects on roots anatomical Characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences** **11** (8): 2173-2183.
- Mueller-Dombois, D & Ellenberg, H. 2002. **Aims and methods of vegetation ecology**. New Jersey, The Blackburn Press.
- Munhoz, C. B. R.; Eugênio, C. U. O. & Oliveira, R. C. 2011. **Vereda**: guia de campo. Brasília, Rede de Sementes do Cerrado.
- Neves, B. T. & Zanin, A. 2011. Sinopse das espécies nativas e subespontâneas de Andropogoneae Dumort. (Poaceae) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **25**(4): 916-928.
- North, G. B. & Nobel, P. S. 2000. Heterogeneity in water availability alters cellular development and hydraulic conductivity along roots of a desert succulent. **Annals of Botany** **85**: 247-255.
- Jackson, P. & Henry, R. J. 2011. *Erianthus*. Pp 97-107. In: Kole, C. (Ed.). **Wild crop relatives**: genomic and breeding resources, vol 8. Berlin: Springer.
- Paiva, J. G. A.; Frank-de-Carvalho, S. M.; Magalhães, M. P. & Graciano-Ribeiro, D. 2006. Verniz vitral incolor 500<sup>®</sup>: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botanica Brasilica** **20** (2): 257-264.

- Pereira, F. J.; Castro, E. M.; Souza, T. C. & Magalhães, P. C. 2008. Evolução da anatomia radicular do milho 'Saracura' em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **43** (12): 1649-1656.
- Perumalla, C. J.; Peterson, C. A. & Enstone, D. E. 1990. A survey of angiosperm species to detect hypodermal casparian bands. I. Roots with a uniseriate hypodermis and epidermis. **Botanical Journal of the Linnean Society** **103**: 93-112.
- Peterson, C. A. & Perumalla, C. J. 1990. A survey of angiosperm species to detect hypodermal casparian bands. II. Roots with a multiseriate hypodermis or epidermis. **Botanical Journal of the Linnean Society** **103**: 113-125.
- Queiroz-Voltan, R. B.; Prado, H. & Moretti, F. C. 1998. Aspectos estruturais de raízes de cana-de-açúcar sob o efeito da compactação do solo. **Bragantia** **57** (1): 49-55.
- Raechal, L. J. & Curtis, J. D. 1990. Root anatomy of the Bambusoideae (Poaceae). **American Journal of Botany** **77**(4): 475-482.
- Rahar, S.; Nagpal, N.; Swami, G.; Nagpal, M. A. & Kapoor, R. 2011. Pharmacognostical studies of *Saccharum munja* Roxb. Root. **International Journal of Pharmaceutical Technology Research** **3**(2): 792-800.
- Ranathunge, K.; Steudle, E. & Lafitte, R. 2003. Control of water uptake by rice (*Oryza sativa* L.): role of the outer part of the root. **Planta** **217**: 193-205.
- Rodrigues, A. C. & Estelita, M. E. M. 2004. Anatomia da raiz de *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica** **27** (4): 629-638.
- Row, H.C. & Reeder, J. R. 1957. Root-hair development as evidence of relationships among genera of gramineae. **American Journal of Botany** **44**(7): 596-601.
- Sangster, A. G. 1978. Silicon in the roots of higher plants reviewed. **American Journal of Botany** **65** (9): 929-935.
- Santana, D. G. & Ranal, M. A. 2004. **Análise da Germinação: um enfoque estatístico**. Brasília, Editora Universidade de Brasília.
- Santos, J. W.; Almeida, F. A. C.; Beltrão, N. E. M. & Cavalcanti, F. B. 2008. **Estatística experimental aplicada**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão/ UFCG.
- Scatena, V. L. & Menezes, N. L. 1996. Anatomia de raízes de *Syngonanthus* Ruhl. (Eriocaulaceae). **Revista Brasileira de Biologia** **56** (2): 333-343.
- Scatena, V. L.; Oriani, A. & Sano, P. T. 2005. Anatomia de raízes de *Actinocephalus* (Koern.) Sano (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica** **19** (4): 835-841.
- Sculthorpe, C. D. 1967. **The biology of aquatic vascular plants**. London, Edward Arnold.

- Seago, J. L. & Marsh, L. C. 1989. Adventitious root development in *Typha glauca*, with emphasis on the cortex. **American Journal of Botany** **76** (6): 909-923.
- Seago, J. L.; Marsh, L. C.; Stevens, K. J.; Soukup, A.; Votrubova, O. & Enstone, D. E. 2005. A re-examination of the root cortex in wetland flowering plants with respect to aerenchyma. **Annals of Botany** **96**: 565–579.
- Seago, J. L.; Peterson, C. A. & Enstone, D. E. 2000. Cortical development in roots of the aquatic plant *Pontederia cordata* (Pontederiaceae). **American Journal of Botany** **87** (8): 1116–1127.
- Shannon, E. L. 1953. The production of root hairs by aquatic plants. **American Midland Naturalist** **50** (2): 474-479.
- Shepherd, G. J. 2010. **Fitopac - Manual do usuário**. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Silva, I. V. & Scatena, V. L. 2011. Anatomia de raízes de nove espécies de Bromeliaceae (Poales) da região amazônica do estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** **25**(3): 618-627.
- Silva, I. V.; Meira, R. M, S. A. & Azevedo, A. A. 2010. Anatomia de raízes de espécies de Orchidaceae do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais. **Hoehnea** **37**(1): 147-161.
- Smirnoff, N. & Crawford, R. M. M. 1983. Variation in the structure e response to flooding of root aerenchyma in some wetle plants. **Annals of Botany** **51**: 237-249.
- Soper, K. 1959. Root anatomy of grasses and clovers. **New Zealand Journal of Agricultural Research** **2** (2): 329-341.
- Sorrell, B. K. 1994. Airspace structure and mathematical modelling of oxygen diffusion, aeration and anoxia in *Eleocharis sphacelata* R. Br. roots. **Australian Journal of Marine & Freshwater Research** **45**: 1529-1541.
- Sorrell, B. K.; Mendelssohn, I. A.; Mckee, K. L. & Woods, R. A. 2000. Ecophysiology of wetland plant roots: a modelling comparison of aeration in relationto species distribution. **Annals of Botany** **86**: 675-685.
- Soukup, A.; Votrubová, A. & Čížková, H. 2002. Development of anatomical structure of roots of *Phragmites australis*. **New Phytologist** **153**: 277–287.
- Srinivasan, K. & Batcha, M. B. G. R.. 1962. Performance of clones of *Saccharum* species and allied genera under conditions of water-logging. Pp. 571-578. In: **Anais 11th Congress International Society of Sugar Cane Technologists Réduit**. 1962. Réduit, ISSCT.

- Stern, W. L. & Whitten, W. M. 1999. Comparative vegetative anatomy of Stanhopeinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **129**: 87-103.
- Stern, W. L. 1997. Vegetative anatomy of subtribe Habenariinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **125** :211-227.
- Taleisnik, E.; Peyrano, G.; Córdoba, A. & Arias, C. 1999. Water retention capacity in root segments differing in the degree of exodermis development. **Annals of Botany** **83**: 19-27.
- Trouse-Junior, A. C. & Humbert, R. P. 1961. Effects of soil compression on the development of sugar cane roots. **Soil Science**. **91** (3): 208-217.
- Van Fleet, D. S. 1961. Histochemistry and function of the endodermis. **The Botanical Review** **27** (2): 165-220.
- Vartapetian, B. B. & Jackson, M. B. 1997. Plant adaptations to anaerobic stress. **Annals of Botany** **79** (Supplement A): 3-20.
- Vasconcelos, A. C. M.; Casagrande, A. A.; Perecin, D.; Jorge, L. A. C. & Landell, M. G. A. 2003. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** **27**:849-858.
- Vasconcelos, A. C. M. & Garcia, J. C. 2005. **Cana-de-açúcar**: Ambientes de Produção. Desenvolvimento Radicular da cana-de-açúcar. Ribeirão Preto: IAC/Apta (Encarte Técnico, 110).
- Venkatraman, T. S. & Thomas, R. 1922. Sugarcane root systems: studies in development and anatomy. **Agricultural Journal of India** **17**: 381–388.
- Videmšek, U.; Turk, B & Vodnik, D. 2006. Root aerenchyma: formation and function. **Acta Agriculturae Slovenica**, **87** (2): 445-453.
- Voesenek, L. A. C. J.; Colmer, T. D.; Pierik, R.; Millenaar, F. F. &Peeters, A. J. M. 2006. How plants cope with complete Submergence **New Phytologist** **170**: 213–226.
- Volder, A.; Smart, D. R.; Bloom, A. J & Eissenstat, D. M. 2005. Rapid decline in nitrate uptake and respiration with age in fine lateral roots of grape: implications for root efficiency and competitive effectiveness. **New Phytologist** **165**: 493–502.
- Votrubová, O. & Pecháčková, A. 1996. Effect of Nitrogen Over-Supply on Root Structure of Common Reed. **Folia Geobotanica & Phytotaxonomica** **31** (1): 119-125+I-II.
- Wahl, S. & Ryser, P. 2000. Root tissue structure is linked to ecological strategies of grasses. **New Phytologist** **148**: 459-47.

- Webster, P. W. D. & Eavis, B. W. 1971. Effects of flooding on sugarcane growth. 1. Stage of growth and duration of flooding. Pp. 708-714. In: **Anais 14th Congress International Society of Sugar Cane Technologists** New Orleans. 1971. New Orleans, ISSCT.
- Welker, C. A. D. & Longhi-Wagner, H. M. 2012. The genera *Eriochrysis* P. Beauv., *Imperata* Cirillo and *Saccharum* L. (Poaceae – Andropogoneae – Saccharinae) in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Botany** 35 (1): 87-105.
- Williams, B. C. 1947. The structure of the meristematic root tip and origin of the primary tissues in the roots of vascular plants. **American Journal of Botany** 34 (9): 455-462.
- Wu, Y & He D. 2011. Advances in root hairs in Gramineae and *Triticum aestivum*. **African Journal of Agricultural Research** 6 (5): 1047-1050.

Tabela 1. Localização das espécies coletadas para o trabalho, condições do solo no momento da coleta, número de coleta dos coletores e herbário em que está depositada.

<b>Espécie</b>	<b>Local de coleta</b>	<b>Condições do solo</b>	<b>Coletor/Nº de coleta</b>	<b>Herbário</b>
<i>S. angustifolium</i> (Nees) Trin.	São Francisco de Paula - RS	Seco	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 227	UB
	Porto Alegre - RS	Seco	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 278	UB
<i>S. asperum</i> (Nees) Steud.	Chapada Gaúcha – MG (PNGSV*)	Encharcado	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 260	UB
	Brasília – DF (RECOR – IBGE*)	Encharcado	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 316	UB
	Urubici – SC	Encharcado	Welker, C. A. D. 312	ICN
<i>S. villosum</i> Steud.	Mambai – GO	Encharcado	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 186	UB
	Aparecida do Rio Doce – GO	Encharcado	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 210	UB
	Chapadão do Céu – GO (PNEmas*)	Encharcado	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 254	UB
<i>Saccharum</i> sp. 1	Alto Paraíso de Goiás – GO	Úmido	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 239	UB
<i>Saccharum</i> sp. 2	Rio Verde – GO	Encharcado	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 211	UB

\* PNEmas. Parque Nacional das Emas; PNGSV. Parque Nacional Grande Sertão Veredas; RECOR-IBGE. Reserva Ecológica Córrego do Roncador do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Tabela 2. Categorias de algumas características utilizadas na descrição das estruturas celulares

<b>Característica</b>	<b>Categoria</b>	<b>Critério</b>
Altura das células epidérmicas comuns	Estreita	Até 25 $\mu\text{m}$
	Média	Entre 25,01 e 35 $\mu\text{m}$
	Larga	Acima de 35,01 $\mu\text{m}$
Paredes periclinais internas da exoderme e endoderme	Pouco evidente	Até 15%
	Fina	Entre 15,01 a 20%
	Média	Entre 20,01 a 35%
Espessura das camadas do anel esclerenquimático como um todo	Larga	Acima de 35,01%
	Estreita	Até 20 $\mu\text{m}$
	Média	Entre 20,01 e 30 $\mu\text{m}$
Diâmetro total da raiz	Larga	Acima de 30,01 $\mu\text{m}$
	Pequeno	Até 2000 $\mu\text{m}$
Diâmetro dos elementos de vaso (Feldato <i>et al.</i> 1989)	Grande	Acima de 2000,01 $\mu\text{m}$
	Extremamente pequenos	Menor que 30 $\mu\text{m}$
	Muito pequenos	Entre 31 e 50 $\mu\text{m}$
	Pequenos	Entre 51 e 100 $\mu\text{m}$
	Médios	Entre 101 e 200 $\mu\text{m}$
	Grandes	Entre 201 e 300 $\mu\text{m}$
Muito grandes	Entre 301 e 400 $\mu\text{m}$	
Extremamente grandes	Maior que 400 $\mu\text{m}$	

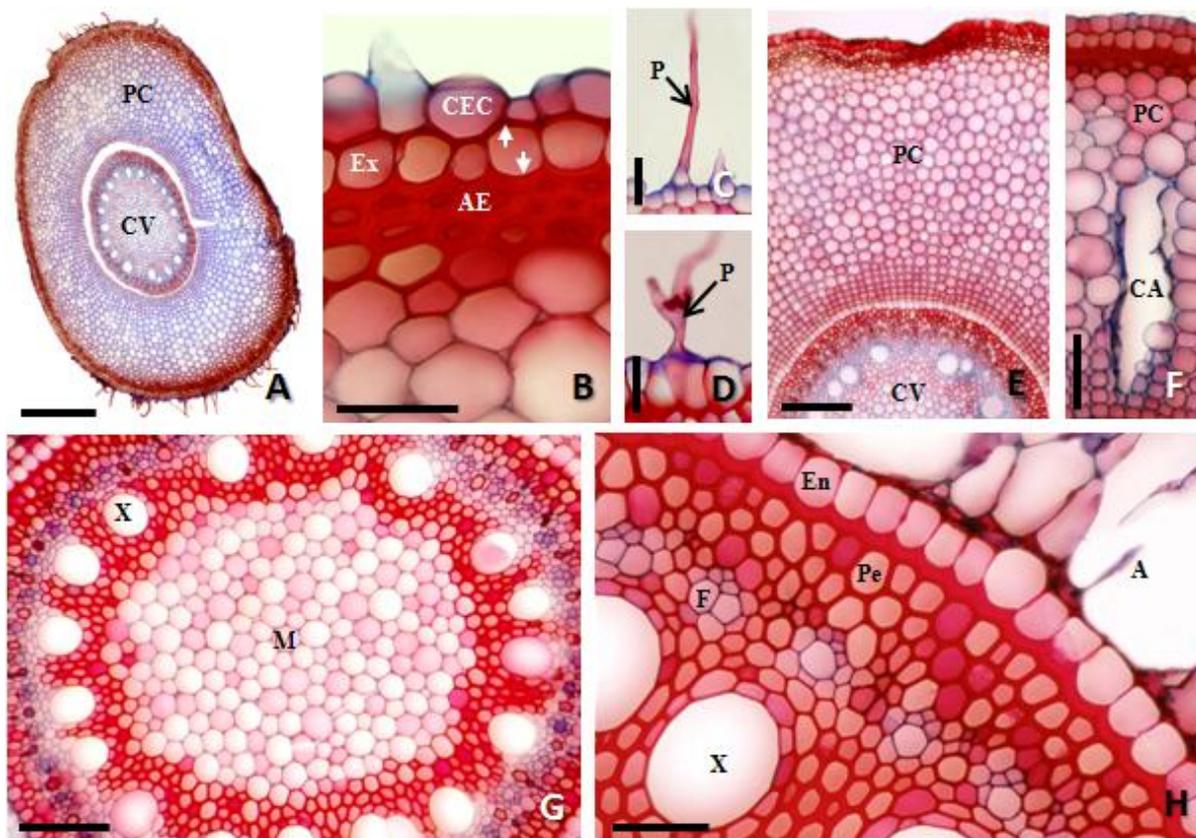


Figura 1. Secções transversais da raiz de *Saccharum angustifolium* (Nees) Trin. A. Visão geral da raiz; B. Detalhe da epiderme, exoderme e anel esclerenquimático, observa-se o espessamento nas paredes periclinais internas e externas da exoderme (setas) evidenciando o espessamento em “O”; C. Detalhe do pelo radicular não ramificado; D. Detalhe do pelo radicular ramificado; E. Detalhe da região cortical, evidenciando o parênquima cortical totalmente preenchido por células parenquimáticas; F. Detalhe da região cortical, evidenciando as cavidades aerenquimáticas; G. Detalhe do cilindro vascular, evidenciando medula com células não espessadas e feixes vasculares; H. Detalhe da endoderme, periciclo pluriestratificado, feixes vasculares e aerênquima. A – Aerênquima; AE – Anel esclerenquimático; CA – Cavidades aerenquimáticas; CEC – Células epidérmicas comuns; CV – cilindro vascular; En – Endoderme; Ex – Exoderme; F – Floema; M – Medula; P – pelos radiculares; PC – parênquima cortical; Pe – Periciclo; X – Xilema. Barra: 100  $\mu$ m (A); 40  $\mu$ m (E e F); 20  $\mu$ m (G); 10  $\mu$ m (B, C, D e H).

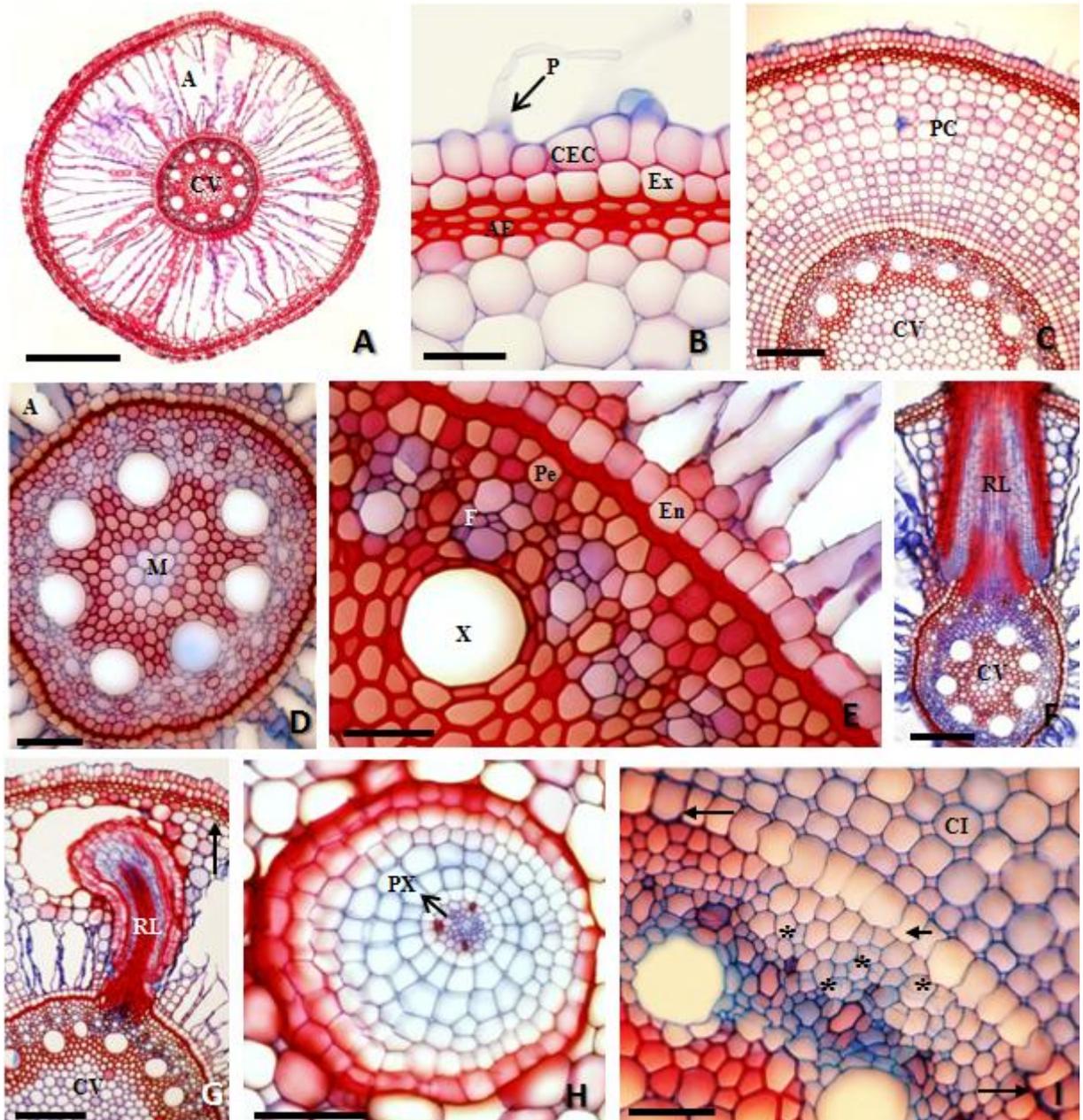


Figura 2. Secções transversais da raiz de *Saccharum asperum* (Nees) Steud. A. Visão geral da raiz, mostrando córtex com um aerênquima bem desenvolvido; B. Detalhe da epiderme, exoderme e anel esclerenquimático, observa-se pelos radiculares simples; C. Detalhe da região cortical com córtex totalmente preenchido; D. Detalhe do cilindro vascular, evidenciando medula com células espessadas e feixes vasculares; E. Detalhe da endoderme, periciclo uniestratificado e feixes vasculares; F. Detalhe da Raiz lateral; G. Raiz lateral que não conseguiu ser emitida para o exterior da raiz principal devido ao espessamento do anel esclerenquimático e da exoderme (seta longa); H. Raiz lateral em secção transversal; I. Divisão celular das células pericíclicas (asterisco) para formação da raiz lateral, nota-se células endodérmicas não espessadas (seta curta) na região de formação da raiz lateral em contraste com células endodérmicas espessadas (seta longa) das demais regiões da endoderme. A – Aerênquima; AE – Anel esclerenquimático; CA – Cavidade aerênquimática; CEC – Células epidérmicas comuns; CI – córtex intacto; CV – cilindro vascular; En – Endoderme; Ex – Exoderme; F – Floema; M – Medula; P – pelos radiculares; PC – parênquima cortical; Pe – Periciclo; PX – Protóxilema; RL – Raiz lateral; X – Xilema. Barra: 100  $\mu$ m (A); 40  $\mu$ m (C, F e G); 20  $\mu$ m (D e H); 10  $\mu$ m (B, E e I).

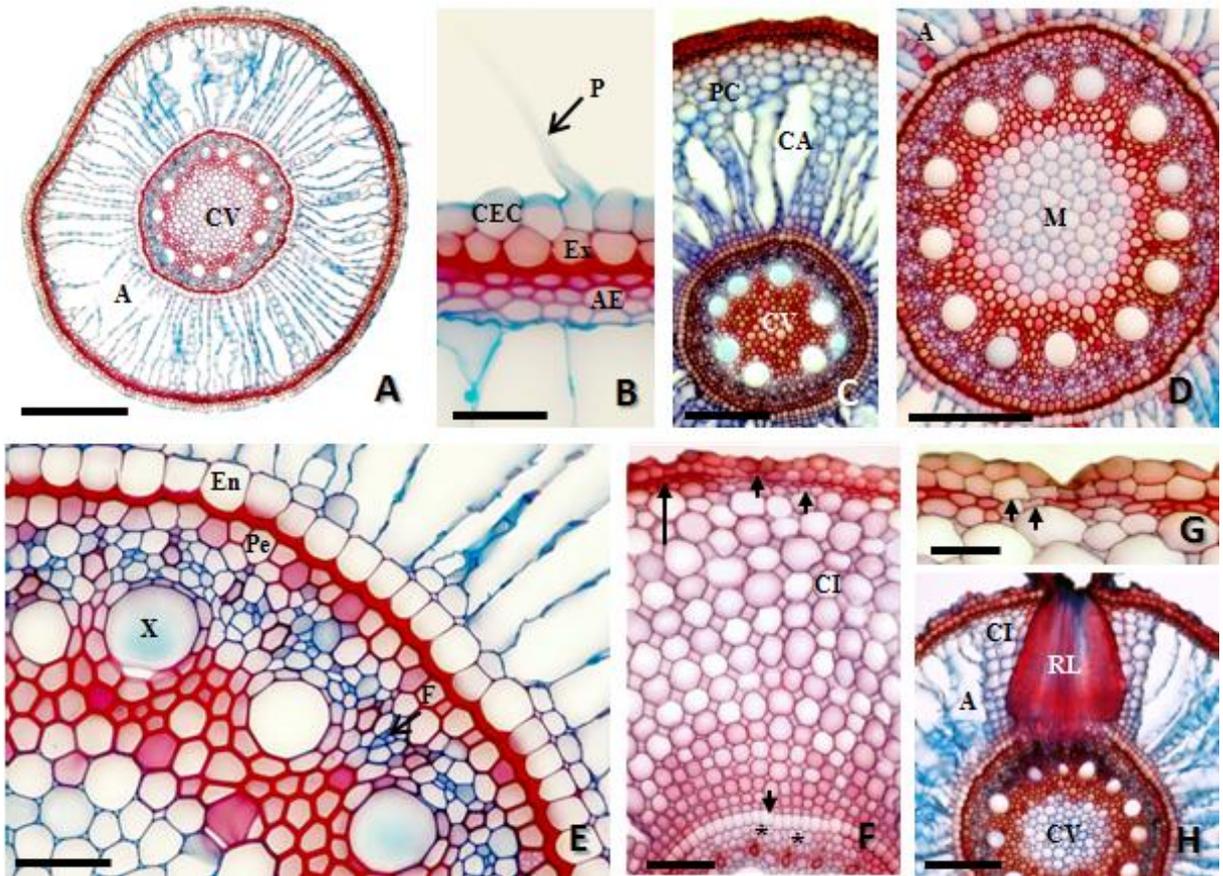


Figura 3. Secções transversais da raiz de *Saccharum villosum* Steud. A. Visão geral da raiz, mostrando córtex com um aerênquima bem desenvolvido; B. Detalhe da epiderme, exoderme e anel esclerenquimático, observa-se pelo radicular simples; C. Detalhe da região cortical, evidenciando cavidades aerenquimáticas; D. Detalhe do cilindro vascular, evidenciando a medula com células não espessadas e feixes vasculares; E. Detalhe da endoderme, periciclo uniestratificado e feixes vasculares. F. Detalhe do córtex intacto na região de saída da raiz lateral evidenciando as “janelas” de exoderme, anel esclerenquimático e endoderme não espessados (setas curtas), em contraste com as mesmas regiões espessadas (seta longa), o início da formação da raiz lateral ocorre por divisões no periciclo (asterisco); G. Detalhe das “janelas” (setas curtas) na exoderme e anel esclerenquimático. H. Detalhe da Raiz lateral, nota-se que esta região possui células parenquimáticas intactas quando comparada com as demais regiões da raiz. A – Aerênquima; AE – Anel esclerenquimático; CA – Cavidade aerenquimática; CEC – Células epidérmicas comuns; CI – córtex intacto; CV – cilindro vascular; En – Endoderme; Ex – Exoderme; P – pelos radiculares; PC – parênquima cortical; Pe – Periciclo; F – Floema; M – Medula; RL – Raiz lateral; X – Xilema. Barra: 100  $\mu$ m (A); 40  $\mu$ m (C, H); 20  $\mu$ m (D, F); 10  $\mu$ m (B, E, G).

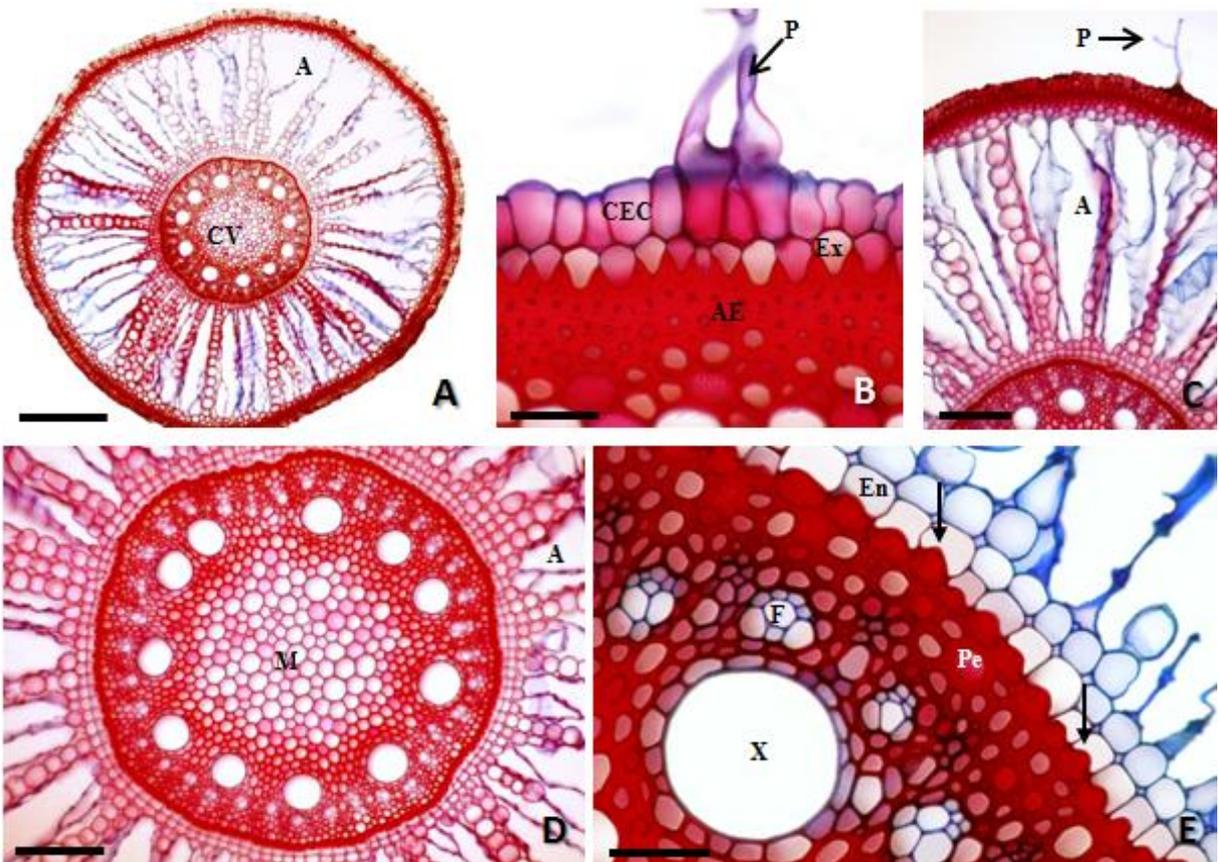


Figura 4. Seções transversais da raiz de *Saccharum* sp. 1. A. Visão geral da raiz; B. Detalhe do pelo radicular não ramificado, epiderme, exoderme e anel esclerenquimático; C. Detalhe da região cortical, evidenciando aerênquima bem desenvolvido com fileiras de células não colapsadas e pelos radiculares ramificados; D. Detalhe do cilindro vascular, mostrando medula com células parenquimáticas não espessadas e feixes vasculares; E. Detalhe da endoderme com espessamento na região central (seta), periciclo uniestratificado e feixes vasculares. A – Aerênquima; AE – Anel esclerenquimático; CEC – Células epidérmicas comuns; CV – cilindro vascular; En – Endoderme; Ex – Exoderme; F – Floema; P – pelos radiculares; Pe – Periciclo; M – Medula; X – Xilema. Barra: 100  $\mu$ m (A); 40  $\mu$ m (C); 20  $\mu$ m (D); 10  $\mu$ m (B e E).

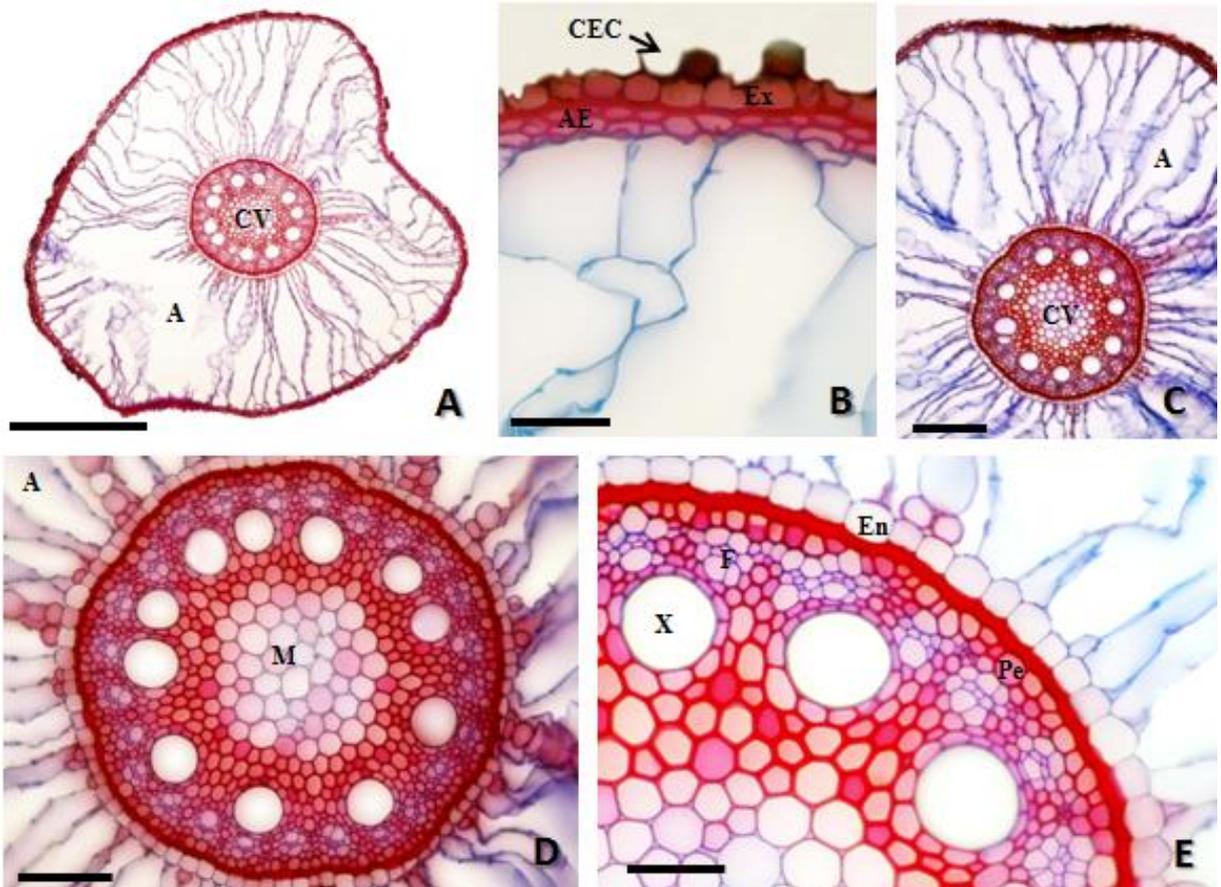


Figura 5. Secções transversais da raiz *Saccharum* sp. 2. A. Visão geral da raiz; B. Detalhe da epiderme, exoderme e anel esclerenquimático; C. Detalhe da região cortical, evidenciando aerênquima bem desenvolvido; D. Detalhe do cilindro vascular, evidenciando medula com composta de células parenquimáticas não espessadas e feixes vasculares; E. Detalhe da endoderme, periciclo uniestratificado e feixes vasculares. A – Aerênquima; AE – Anel esclerenquimático; CEC – Células epidérmicas comuns; CV – cilindro vascular; En – Endoderme; Ex – Exoderme; F – Floema; M – Medula; Pe – Periciclo; X – Xilema. Barra: 100  $\mu$ m (A); 40  $\mu$ m (C); 20  $\mu$ m (D); 10  $\mu$ m (B e E).

Tabela 3. Variáveis quantitativas <sup>(\*/\*\*)</sup> analisadas para a raiz das espécies de *Saccharum* estudadas

Caracteres analisados		<i>S. angustifolium</i>	<i>S. asperum</i>	<i>S. villosum</i>	<i>Saccharum</i> sp. 1	<i>Saccharum</i> sp. 2
Epiderme (Altura)		33.39 ± 5.59 b	33.36 ± 4.94 b	24.99 ± 4.21 a	38.46 ± 5.78 c	18.73 ± 2.65 d
Exoderme	Altura	26.75 ± 4.07 b	27.70 ± 3.82 b	22.32 ± 3.38a	29.47 ± 2.83 b	18.47 ± 2.72 c
	Esp. da parede (valor absoluto)	3.54 ± 1.11 c	4.80 ± 1.23 b	8.23 ± 1.64 a	6.79 ± 1.27 d	4.81 ± 0.97 b
	Espessura da parede (%)	13.51 ± 4.97 c	17.74 ± 5.41 b	37.61 ± 9.31 a	23.27 ± 4.84 d	26.66 ± 6.96 d
Esp. do anel esclerenquimático		49.06 ± 5.52 c	25.24 ± 6.00 b	16.75 ± 5.07 a	51.53 ± 6.73 c	18.45 ± 3.91 a
Córtex mediano	Altura	595.19 ± 75.50 b	508.26 ± 58.93 a	491.16 ± 84.25 a	611.63 ± 92.56 b	486.38 ± 76.44 a
	Número de camadas	18.07 ± 2.50 b	14.03 ± 1.43 a	14.43 ± 2.84 a	14.50 ± 1.41 a	13.67 ± 1.18 a
Endoderme	Altura	31.91 ± 5.87 c	23.17 ± 6.11 b	27.32 ± 4.18 a	32.02 ± 5.70 c	26.95 ± 4.37 a
	Esp. da parede (valor absoluto)	5.35 ± 1.51 b	6.52 ± 1.96 ab	7.68 ± 1.66 a	15.49 ± 1.88 c	9.18 ± 1.19 d
	Espessura da parede (%)	17.14 ± 4.91 b	30.18 ± 12.62 a	28.48 ± 6.68 a	49.43 ± 7.84 c	34.74 ± 6.39 a
Córtex		702.91 ± 77.89 b	584.36 ± 58.58 a	557.55 ± 80.22 a	724.65 ± 98.89 b	550.25 ± 75.84 a
Cilindro vascular (CV)		952.60 ± 103.80 b	501.16 ± 92.79 a	504.10 ± 97.98 a	830.04 ± 148.93 b	460.99 ± 22.98 a
Relação Córtex/CV		0.75 ± 0.14 b	1.20 ± 0.20 a	1.13 ± 0.20 a	0.89 ± 0.15 c	1.19 ± 0.14 a
Elemento de vaso do metaxilema	Diâmetro total	68.55 ± 9.18 a	67.49 ± 7.95 a	69.09 ± 8.68 a	83.87 ± 8.53 b	49.14 ± 5.29 c
	Área	3752.32 ± 976.82 a	3623.52 ± 826.69 a	3804.08 ± 949.82 a	5576.85 ± 1141.83 b	1916.41 ± 403.86 c
Diâmetro total da Raiz		2425.21 ± 165.94 b	1736.61 ± 165.69 a	1669.19 ± 217.87 a	2356.25 ± 299.87 b	1561.49 ± 165.06 a

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm), exceto a porcentagem da espessura das paredes da exoderme e endoderme e a área dos elementos de vaso do metaxilema que encontram-se em micrômetros quadrados (µm<sup>2</sup>).

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as cinco espécies de *Saccharum* estudadas. S. vil. *Saccharum villosum*; S. asp. *S. asperum*; S. ang. *S. angustifolium*; S. sp1. *Saccharum* sp. 1; S. sp2. *Saccharum* sp. 2.

Caracteres analisados		Nº	S. ang	S. asp	S. vil	S. sp1	S. sp2
Características gerais	Formato ovóide (além do circular)	(01)	1	0	0	0	0
	Diâmetro estreito	(02)	0	1	1	0	1
	Diâmetro largo	(03)	1	0	0	1	0
Células Epidérmicas Comuns	Alongadas	(04)	1	1	0	1	0
	Não alongadas	(05)	0	0	1	0	1
	Tamanho pequeno	(06)	0	0	1	0	1
	Tamanho médio	(07)	1	1	0	0	0
	Tamanho grande	(08)	0	0	0	1	0
Pelos radiculares ramificados (além de simples)		(09)	1	0	0	1	0
Exoderme	Espessamento: largo	(10)	0	0	1	0	0
	Espessamento: médio	(11)	0	0	0	1	1
	Espessamento: fino	(12)	0	1	0	0	0
	Espessamento: pouco perceptível	(13)	1	0	0	0	0
	Formato do espessamento em "O" (além do formato em "U")	(14)	1	0	0	0	0
Anel esclerenq.	Até 3 camadas	(15)	1	1	1	0	1
	Acima de 3 camadas	(16)	0	0	0	1	0
	Espessamento evidente	(17)	1	1	0	1	0
	Espessamento pouco evidente	(18)	0	0	1	0	1
	Estreito	(19)	0	0	1	0	1
	Médio	(20)	0	1	0	0	0
	Largo	(21)	1	0	0	1	0
Córtex mediano	Até 15 camadas	(22)	0	1	1	1	1
	A partir de 16 camadas	(23)	1	0	0	0	0
Aerênquima	Presente e comum	(24)	0	1	1	1	1
	Presente e raro	(25)	1	0	0	0	0
Cavidade aerenquimática (Presente e rara)		(26)	1	1	1	0	0
Córtex mediano com células parenquimáticas não colapsadas	Presente e comum	(27)	1	0	0	0	0
	Presente e raro	(28)	0	1	0	0	0
Cilindro vascular de formato ovóide (além do circular)		(29)	1	1	0	0	0
Endoderme	Espessamento em "U"	(30)	1	1	1	0	1
	Espessamento com projeção central	(31)	0	0	0	1	0

Tabela 4 (cont.). Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as cinco espécies de *Saccharum* estudadas. S. vil. *Saccharum villosum*; S. asp. *S. asperum*; S. ang. *S. angustifolium*; S. sp1. *Saccharum* sp. 1; S. sp2. *Saccharum* sp 2.

<b>Caracteres analisados</b>		<b>Nº</b>	<b>S. ang</b>	<b>S. asp</b>	<b>S. vil</b>	<b>S. sp1</b>	<b>S. sp2</b>
Endoderme	Espessamento: largo	(32)	0	0	0	1	0
	Espessamento: médio	(33)	0	1	1	0	1
	Espessamento: fino	(34)	1	0	0	0	0
Periciclo	Uniestratificado	(35)	0	1	1	0	1
	Pluriestratificado	(36)	1	0	0	1	0
	Paredes delgadas	(37)	0	1	1	0	1
	Paredes levemente espessadas	(38)	1	0	0	0	0
	Paredes espessadas	(49)	0	0	0	1	0
Xilema	Até 40 polos de protoxilema	(40)	0	1	1	1	1
	A partir de 41 polos de protoxilema	(41)	1	0	0	0	0
	Até 15 arcos de metaxilema	(42)	0	0	1	1	1
	A partir de 16 arcos de metaxilema	(43)	1	1	0	0	0
	Metaxilema pequeno	(44)	1	1	1	1	0
	Metaxilema muito pequeno	(45)	0	0	0	0	1
Medula com região central de paredes espessadas (além de não espessadas)		(46)	0	1	1	0	0

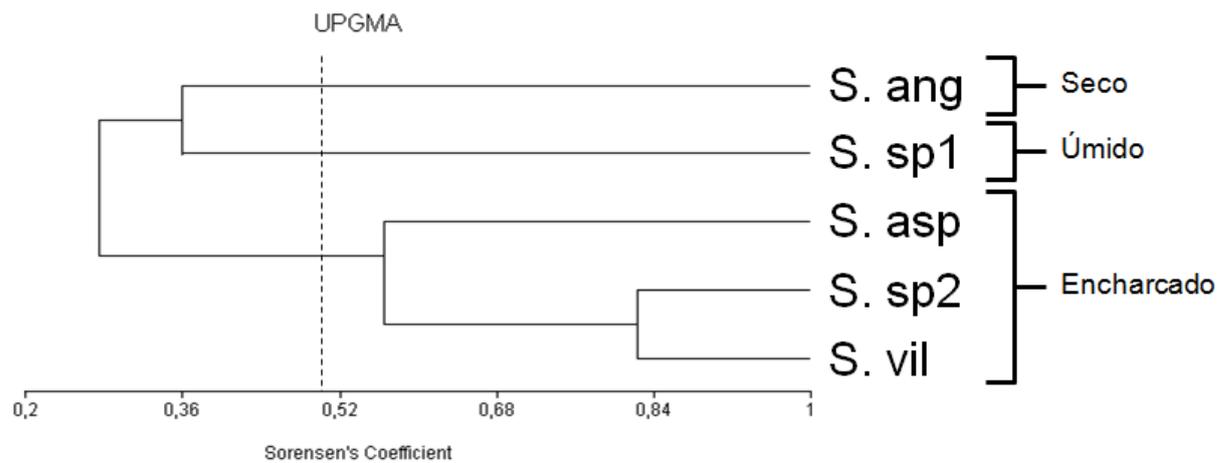


Figura 6. Análise de agrupamentos para as espécies de *Saccharum* presentes no Brasil. A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade entre as informações consideradas discriminantes entre as espécies (Tab. 4), e forma três grupos: seco - *S. ang*; úmido - *S. sp1*; e encharcado - *S. vil*, *S. asp* e *S. sp2*. *S. ang.* *S. angustifolium* (Ness) Trin.; *S. asp.* *S. asperum* (Ness) Steud.; *S. vil.* *S. villosum* Steud.; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2.

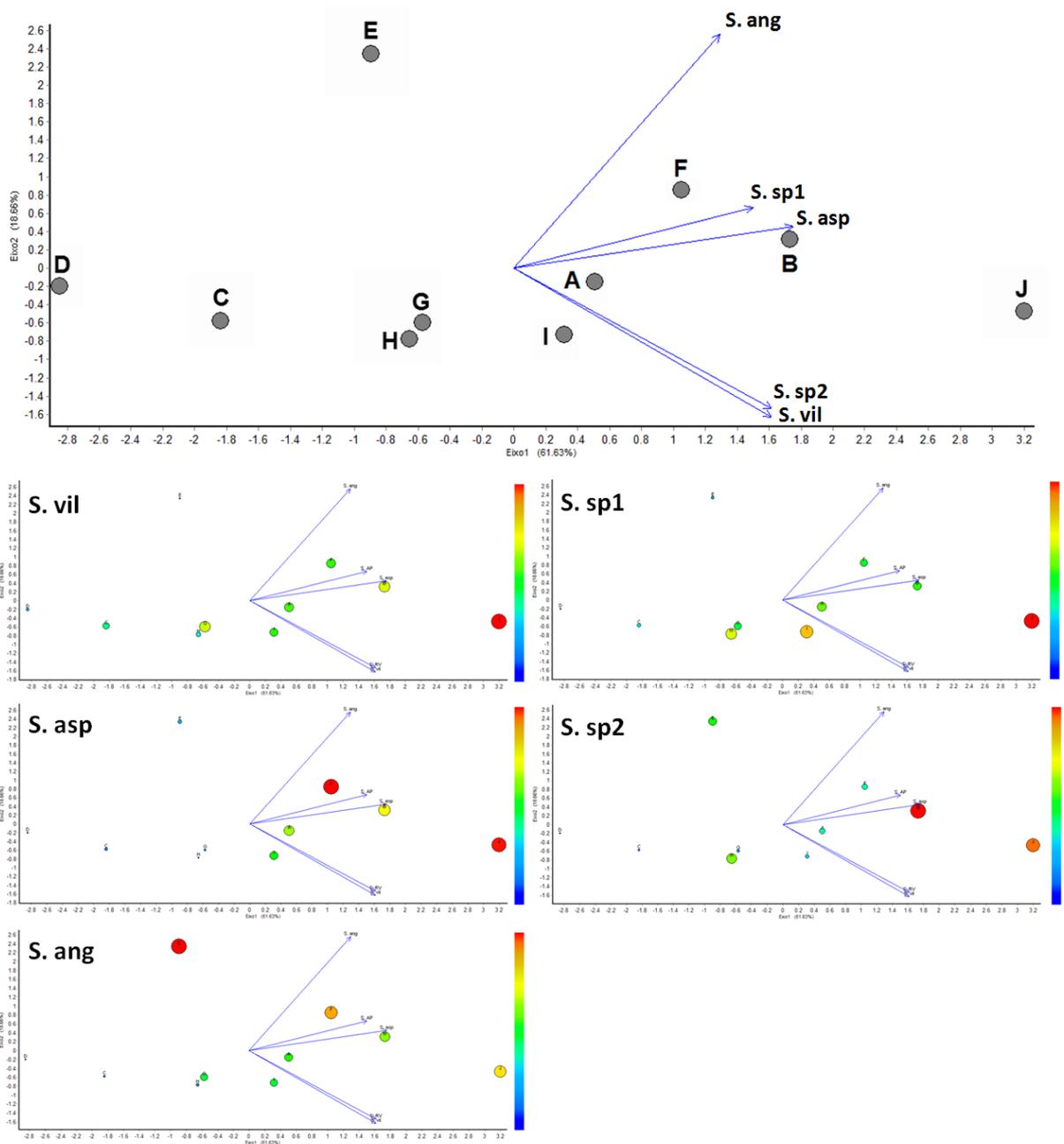


Figura 7. Análise de componentes principais (PCA) com as variáveis quantitativas escolhidas (Gráfico superior). A. Espessura da epiderme; B. Espessura total da exoderme; C. Espessura da parede periclinal interna da exoderme; D. Porcentagem da parede periclinal interna da exoderme em relação a célula; E. Espessura total do anel esclerenquimático; F. Espessura total da região parenquimática do córtex; G. Espessura da endoderme; H. Porcentagem da parede periclinal interna da endoderme em relação à célula; I. Relação córtex/cilindro vascular; J. Diâmetro total dos elementos de vaso do metaxilema. Gráficos inferiores – correlação das características de acordo com as espécies de *Saccharum* presentes no Brasil. S. ang. *S. angustifolium* (Ness) Trin.; S. asp. *S. asperum* (Ness) Steud.; S. vil. *S. villosum* Steud.; S. sp1. *Saccharum* sp. 1; S. sp2. *Saccharum* sp 2. Vermelho. Maior a correlação. Azul. Menor a correlação.

## CAPÍTULO 2<sup>4</sup>

# Anatomia da lâmina foliar de *Saccharum* L. (Poaceae) nativas do Brasil

---

<sup>4</sup> Para este capítulo seguiram-se as normas da revista Plant, Systematics and Evolution.

**Resumo.** No Brasil existem três espécies descritas para *Saccharum* L. (*Saccharum angustifolium* (Nees) Trin. *S. asperum* (Nees) Steud. e *S. villosum* Steud.), porém há carência de estudos anatômicos destas espécies. Este trabalho visa estudar as estruturas anatômicas da lâmina foliar das espécies nativas do gênero, duas prováveis espécies novas (*Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2) e de *S. ravennae* (grupo externo) enfocando, principalmente, aspectos de importância taxonômica. Sendo avaliadas qualitativamente e quantitativamente. Muitos dos aspectos apresentados são comuns a outras espécies de Andropogoneae e Panicoideae, entretanto, as espécies mostraram grandes variações anatômicas, destacando-se o uso das características do bordo e da epiderme na região da nervura central para melhor delimitar as espécies. Os caracteres considerados mais distintivos e utilizados na chave de identificação foram: superfície foliar, contorno dos bordos; porcentagem ocupada pelas células buliformes na lâmina foliar; características dos feixes vasculares; células incolores; número de fileiras da zona costal da face adaxial, formato das células subsidiárias, comprimento das células interestomáticas; características dos tricomas da ala; presença/tipo de tricomas na região marginal e frequência das células silicificadas na região central da face adaxial da epiderme da nervura central. As espécies formam dois grupos característicos: *S. ravennae* (1º) e espécies nativas (2º). É provável que as características distintivas destes dois grupos sejam características dos subgêneros *Saccharum* e *Erianthus*, respectivamente; as espécies já descritas para o Brasil possuem grande similaridade entre si. Os caracteres quantitativos amostrados, além de importância taxonômica, mostram diferentes estratégias relacionadas à adaptação destas espécies ao habitat.

**Palavras-chave:** Andropogoneae, anatomia foliar, taxonomia, espécies nativas.

**Abstract.** There are three species of *Saccharum* L. (Poaceae) described in Brazil (*Saccharum angustifolium* (Nees) Trin. , *S. asperum* (Nees) Steud. and *S. villosum* Steud.), however there are few anatomical studies about them. Thus, this study aims to investigate the leaf blade anatomic structures of this genus native species, probable two new species (*Saccharum* sp. 1 and *Saccharum* sp. 2) and of *S. ravennae* (extern group), focusing mainly on taxonomic aspects. Anatomic structures were analyzed qualitatively and quantitatively. Many of the presented aspects are common to other species of Andropogoneae and Panicoideae, but species shown great anatomical variations, contrasting the use of the edge and paradermics midrib characteristics to better delimit the species. Characters considered most distinctive and used on identification key were: leaf surface characteristics; edges shape; percentage occupied by the mesophyll bulliform cells; vascular bundle characteristics; colorless cells; number of costal area rows on adaxial surface; subsidiary cells shape; interstomatal long cells length; ala trichomes characteristics; presence/type of trichomes on the marginal zone and frequency of siliceous cells on the adaxial surface central area of the midrib epidermis. The species form two peculiar groups: the first, by the native species and the second by *S. ravennae*. It is probable that distinguish characteristics of this two groups are common to subgenus *Erianthus* and *Saccharum*, respectively; the species already described to Brazil have large similarity with each other. The quantitative characters sampled, besides its taxonomic importance, show different strategies relative to adaptation of this species to their habitat.

**Keywords:** Andropogoneae, leaf anatomy, taxonomy, native species.

## Introdução

*Saccharum* L. (Saccharinae: Andropogoneae: Poaceae) possui grande importância econômica uma vez que é utilizado na produção do açúcar e do etanol (Cheavegatti-Gianotto et al. 2011), entre outros aspectos. Porém, segundo os mesmos autores, a classificação e nomenclatura do gênero sempre se mostraram um desafio.

Em taxonomia os caracteres morfológicos são utilizados para identificação e definição de possíveis inter-relações entre os grupos. Nas análises anatômicas, algumas estruturas são usualmente constantes em diferentes partes da planta, e são mais confiáveis do que os caracteres da morfologia externa empregados em taxonomia (Cotthem 1970).

Desde o século XIX, os taxonomistas têm buscado caracteres anatômicos que possam auxiliar na classificação da espécie. A utilização deste recurso como subsídio para a taxonomia tem sido efetiva, permitindo inclusive o reconhecimento do táxon quando as estruturas reprodutivas não estão disponíveis (Metcalf e Chalk 1979). Os caracteres estruturais também podem ser utilizados para indicar tendências evolutivas e relações filogenéticas entre os *taxa* (Judd et al. 2009).

Em gramíneas a anatomia foliar com utilidade sistemática foi empregada pela primeira vez por Duval-Jouve em 1875 conforme cita Brown (1958) e desde então tem sido o foco de diversos trabalhos (Brown 1958; Metcalfe 1960; Gould 1968; Ellis 1976, 1979, 1986; Watson e Dallwitz 1994; Giussani et al. 2001; Silva e Alquini 2003; Alvarez et al. 2005, Ma et al. 2005; Guevara e Ramia 2007; Oliveira et al. 2008; Pelegrin et al. 2009; Ahmad et al. 2010; Ullah et al. 2011), demonstrando que esta é uma abordagem indispensável para a caracterização de diversos grupos da família. De acordo com Londoño (2011) a anatomia tem desempenhado um papel importante em estudos sistemáticos de Poaceae, tornando-se uma ferramenta básica nos sistemas de classificação.

Em relação à anatomia foliar de *Saccharum*, um dos primeiros trabalhos é o de Artschwager (1925) que estudou a anatomia dos órgãos vegetativos de *S. officinarum* L. Esta espécie, dada a sua importância econômica, já foi estudada com diversos enfoques: descritivo/taxonômico (Metcalf 1960; Julien et al. 1989), agrônomo/ecológico (Ferreira et al. 2005; Ferreira et al. 2007), ou ecológico (García e Jáuregui 2008).

Outras espécies do gênero e pertencentes a Saccharinae já foram descritas, como: *S. spontaneum* (Artschwager 1940; Metcalfe 1960; Ahmad et al. 2010), *S. bangalense* Retz. (Metcalf 1960; Ahmad et al. 2010), *S. ravennae* (Linn.) Murr. (Ahmad et al. 2010),

*Erianthus hostii* Griseb. *Miscanthidium terenifolium* (Stapf), Stapf *Miscanthus condensatus* Hack. e *M. sacchariflorus* (Maxim.) Hack. (Metcalf 1960), e *Imperata cylindrica* (Linn.) Raeuschel (Metcalf 1960; Ahmad et al. 2010).

Segundo Cobert e Evert (1982) a folha de *Saccharum* sp. mostra uma típica anatomia Kranz (gramínea C<sub>4</sub>) de lâminas delgadas, com epiderme superior e inferior com cutícula delgada, células buliformes de tamanhos distintos e feixes vasculares rodeados por uma única bainha vascular parenquimática. As células da bainha são volumosas e com grandes cloroplastos. Geralmente possui 2-4 células do mesofilo entre os feixes vasculares adjacentes, gerando distância intervenais muito curtas.

Watson e Dallwitz (1994) acrescentam que, em secção transversal, as lâminas foliares possuem células buliformes discretas associadas às células incolores; estas formam colunas que podem atravessar ou não o mesofilo; apresentam feixes vasculares na ala proeminentes voltados para a face adaxial e com extensão de bainha esclerenquimática; nervura central conspícua. Em secção paradérmica, papilas podem estar presentes na face abaxial da epiderme, as células longas possuem parede sinuosa; na zona intercostal os estômatos são comuns e possuem células subsidiárias em formato de cúpula ou triangulares, células curtas são comuns, ausentes ou raras e, quando presentes, as células silicificadas são cruciformes. As células curtas costais ocorrem em pares ou isoladas, células silicificadas cruciformes a nodulares; os microtricomas são do tipo Panicoideae.

No Brasil, conforme Filgueiras e Welker (2012) há três espécies nativas deste gênero: *Saccharum angustifolium* (Nees) Trin., *S. asperum* (Nees) Steud. e *S. villosum* Steud. No entanto estas espécies não tem sido bem caracterizadas (Cheavegatti-Gianotto et al. 2011). Desta forma, este trabalho visa conhecer as estruturas anatômicas das lâminas foliares das espécies nativas de *Saccharum* enfocando os caracteres úteis para a taxonomia do grupo.

## **Metodologia**

### **Material Vegetal**

O trabalho foi realizado com as espécies nativas do gênero *Saccharum*: *S. villosum* (Fig. 1A e 1B), *S. asperum* (Fig. 1C e 1D) e *S. angustifolium* (Fig. 1E e 1F); além de duas prováveis espécies novas, uma da região de Alto Paraíso de Goiás (*Saccharum* sp. 1) (Fig. 1G e 1H) e outra do Município de Rio Verde – GO (*Saccharum* sp. 2) (Fig. 1I e 1J). Todas as

amostras coletadas estavam florescidas, parte do material coletado foi herborizado e depositado no Herbário da Universidade de Brasília (UB) (Tab. 1) a outra foi fixada para estudos anatômicos. O material testemunho foi identificado pelo Professor Tarciso de Sousa Filgueiras.

Como grupo externo do estudo foi escolhido *Saccharum ravennae* (L.) L. (Fig. 1K) coletada na região da Palestina, nas proximidades do Mar morto (Tab. 1); de acordo com Cheavegatti-Gianotto et al. (2011) esta localidade pertence a um segundo centro de diversidade do gênero. Esta espécie foi identificada por F. Zohary e está depositada no Herbário UB.

As amostras para as seções anatômicas das lâminas foliares foram obtidas de pelo menos três populações diferentes para cada espécie (Tab. 1), exceto *S. ravennae*. Para o estudo foram utilizadas lâminas foliares de três indivíduos de cada população, totalizando nove lâminas foliares analisadas por espécie, exceto *S. ravennae* que foi seccionada apenas três lâminas foliares de um mesmo indivíduo. As folhas escolhidas eram adultas e completamente expandidas.

Para o estudo, porções do terço médio da segunda e/ou terceira da lâmina foliar de cada população, contando a partir da inflorescência, foram preservadas em etanol 70% (Jensen 1962) permanecendo imersas nesta solução até etapas posteriores e processadas no Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade de Brasília.

### Microscopia óptica

Para as seções transversais da lâmina foliar foram feitos cortes à mão livre em micrótomo de Ranvier (R. Jungag Heidelberg). Para amaciar os tecidos, quando necessário, as amostras foram imersas em solução de água destilada e glicerina 1:1 e colocadas em estufa a 40°C por aproximadamente 1 hora e seguida de um vácuo por 15 minutos.

Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio 30% e 50%, durante 5 e 2 horas, respectivamente (Kraus e Arduin 1997), as soluções foram trocadas a cada hora. Corados com safranina 1% e azul de alcião 1% (1:4) (Luque et al. 1996), desidratados em série etílica, diafanizados em acetato de butila e montadas em resina sintética (Paiva et al. 2006).

Para análise da epiderme, porções dos materiais foram submetidas à solução de Franklin (1945 *apud* Kraus e Arduin, 1997) (na concentração 2:1, com alteração no peróxido de hidrogênio, usado a 60%) por um período de aproximadamente 4 a 5 horas em placa

aquecedora a 150°C ou em estufa a 80°C por um período de 2 a 5 dias. As amostras paradérmicas foram coradas com azul de metileno 1% aquoso com bórax (Langeron 1949), lavadas em água destilada, desidratadas em série etílica, diafanizadas em acetato de butila e montadas em resina sintética (Paiva et al., 2006).

Para *S. ravennae* e *S. asperum* (Urubici – SC) foram utilizados materiais herborizados reidratados em série etílica decrescente: etanol 96-50% (72 horas), seguida por água destilada (72 horas) e, posteriormente, fixado em etanol 70% (Graciano-Ribeiro, 2002). Os demais procedimentos anatômicos para secções transversais e paradérmicas foram os mesmos utilizados para as espécies nativas.

Cerca de 30 lâminas permanentes, entre transversais e paradérmicas, obtidas de cada espécie foram confeccionadas e depositadas no laminário do Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade de Brasília – UnB, como testemunha do material utilizado.

#### Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A fixação específica foi feita com solução de Karnovsky (1965 – *apud* Bozzola e Russel 1992). O fixador foi trocado por uma solução de acetona 70% e álcool 70% (1:1) e levado ao sonicador a 37°C por cerca de 7 horas para retirar o excesso de cera presente nas lâminas foliares. O material foi desidratado em série acetônica crescente até a saturação, secos ao ponto crítico de CO<sub>2</sub> (Balzers CPD 030), montados em porta espécimen e cobertos com ouro por 2 minutos (Balzers SCD 050) e, posteriormente, examinado em microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM-7001F no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Departamento de Biologia Celular da Universidade de Brasília.

#### Análise do material histológico

Os caracteres analisados seguem metodologia de Graciano-Ribeiro et al. (2006); a terminologia utilizada segue o que foi descrito por Ellis (1976; 1979). Foram considerados bordos a região posterior ao último feixe vascular de 1ª ou 2ª ordem cuja extensão da bainha esclerenquimática projeta uma saliência na face adaxial da epiderme.

A face adaxial da nervura central em vista paradérmica, uma vez que esta não apresenta distinção entre zona costal e intercostal, foi dividida em região marginal (com no máximo 15 fileiras de células contando da fileira imediatamente seguinte às células

buliformes) e região central (localizada entre as duas regiões marginais). Para a face abaxial da nervura central foram avaliadas as mesmas características da face abaxial da ala, exceto presença de células suberosas pela impossibilidade de visualizá-las sob microscopia de varredura. Para facilitar a distinção entre as populações, categorias para algumas características (Tabela 2). A partir dos dados obtidos elaborou-se uma chave de identificação com os caracteres qualitativos mais contrastantes apresentados pelas espécies estudadas de *Saccharum*.

As fotomicrografias foram obtidas com auxílio do fotomicroscópio Olympus CX 31 e da máquina fotográfica Olympus C-7070.

A avaliação quantitativa dos tecidos da lâmina foliar foi realizada com auxílio do *software* de análise de imagens IMAGE-PRO®PLUS. Das três lâminas amostradas, foram analisadas, ao todo, 30 secções transversais e 30 secções paradérmicas (face adaxial e abaxial) e tomadas medidas de cada uma das variáveis.

Para a ala da lâmina foliar, foram avaliadas: as espessuras lâmina foliar, cutícula e epiderme na face abaxial e adaxial, altura das células buliformes, células incolores, células do parênquima clorofiliano. Para os feixes vasculares de 1ª, 2ª e 3ª ordens da ala foram avaliados: o comprimento e largura, o diâmetro e número das células da bainha parenquimática e altura da extensão da bainha esclerenquimática total; para os feixes de 1ª ordem ainda foram medidos o diâmetro dos elementos de vaso do metaxilema.

Em secção paradérmica, foram avaliados: comprimento e largura dos estômatos; índice estomático (IE) seguindo a fórmula adaptada de Willmer e Fricker (1996) em uma área de 2.000  $\mu\text{m}^2$ ; comprimento das células interestomáticas, comprimento e largura das células buliformes (apenas para a face adaxial); comprimento e largura das células silicificadas, suberosas presentes na zona costal e intercostal, células longas costais e intercostais; comprimento das células basais, apicais e total dos microtricomas e frequência dos macrotricomas na objetiva de 20x conforme cita Ellis (1979).

#### Análise estatística

Para os dados quantitativos foram calculados a média e os desvios padrões. Para comparação entre as populações foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Santos et al. 2008). Quando não satisfeitas as premissas necessárias de normalidade e homocedasticidade, foi utilizado o

teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Santana e Ranal 2004). Para comparação de estruturas entre as duas faces da epiderme e comparações entre as células incolores voltadas para as faces adaxiais e abaxiais utilizou-se o teste t, e, no caso de quebra de premissa, o teste não paramétrico de Mann-Whitney (Santana e Ranal 2004). Para estas análises foi utilizado o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007).

As espécies foram comparadas entre si, de acordo com as características estruturais analisadas, mediante uma matriz de ausência/presença composta com os caracteres considerados discriminativos, ou seja, aqueles que variam entre as espécies e podem ser separados em grupos, e que não estejam relacionados às condições ambientais. Para análise de *cluster* utilizou-se uma matriz de dados com 187 estados de caracteres (Tab. 8) agrupados pela técnica de ligação de média de grupos (UPGMA - “*Unweightes Pair-Group Method using Arithmetic Averages*”) e o índice de Sorensen para a distância de similaridade. A partir desta análise foi gerado um dendograma como representações das afinidades e diferenças anatômicas entre as populações de *Saccharum* estudadas. Para estas análises foi usado o programa MVSP (Mueller-Dombois e Ellenberg 2002).

Com os dados quantitativos, que seguiam as premissas de normalidade e homocedasticidade e que contribuíam para a variação total da análise, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) utilizando dados padronizados. Os dados quantitativos padronizados foram realizados dividindo-se cada média da variável pelo seu desvio padrão. Ao todo, para PCA, foram utilizados 38 caracteres (Tab. 9). Para esta análise utilizou-se o *software* Fitopac 2.1.2.85 (Shepherd 2010).

## **Resultados**

Descrição das secções transversais das espécies de *Saccharum* estudadas

Características gerais da lâmina foliar e descrição da ala

A lâmina foliar das espécies estudadas é linear com nervura central saliente (plano-convexa ou côncavo-convexa). Na face adaxial *S. angustifolium* (Fig. 2A), *Saccharum* sp. 1 (Fig. 2D) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 2E) possuem sulcos médios (20,37% - 39,95%), *S. asperum* (Fig. 2B) e *S. villosum* (Fig. 2C) apresentam sulcos profundos (44,70% - 46,64%) e *S. ravennae* (Fig. 2F) tem uma reentrância (75,36%); a face abaxial apresenta-se plana em

*Saccharum* sp. 1 (Fig. 2D), com ondulações em *S. asperum*, *S. villosum* e *S. ravennae* (7.07% - 7.68%) (Fig. 2B, 2C e 2F), e com sulcos leves nas demais populações (10.56% - 10.84%).

A epiderme é uniestratificada e recoberta por cutícula lisa, regular e delgada em ambas as faces. As células epidérmicas comuns (CEC) de ambas as faces da epiderme são retangulares ou quadradas em todas as espécies. *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae* apresentam epiderme adaxial maior que abaxial; nas demais espécies as CEC de ambas as faces possuem altura igual.

Células buliformes ocorrem somente na face adaxial da epiderme (Fig. 3), acima dos feixes de 3ª ordem, possuem forma de leque ou retangular (Fig. 2C, 3I e 3N), com 2-15 células, o maior número de células pode ser encontrado em *S. angustifolium* (Fig. 3A) e *S. ravennae* (Fig. 3Q). Tais estruturas atingem a partir de 20,01% do mesofilo apenas em *S. asperum* (21.76%) (Fig. 3D) e *S. ravennae* (21.73%) (Fig. 3O). Entre as células, frequentemente ocorrem macrotricomas do tipo “*cushion hair*” (em almofada) (Fig. 3B, 3F, 3J, 3L e 3M). Estão situadas no mesmo nível das demais células epidérmicas comuns, raramente acima do nível destas (Fig. 2E e 3Q).

As células silicificadas são retangulares e ocorrem, em ambas as faces, sobre os feixes vasculares (Fig. 3H). Os estômatos são nivelados em relação às demais células epidérmicas e estão presentes entre os feixes vasculares nas duas faces epidérmicas, com maior concentração na face inferior (folhas anfihipostemáticas), apresentando câmara subestomática evidente, principalmente na face abaxial.

Mesofilo é homogêneo constituído por células incolores e parênquima clorofiliano. Células incolores ocorrem abaixo das células buliformes e possuem duas extensões, uma para cada lado do feixe vascular de 3ª ordem (Fig. 3), sendo as células maiores aquelas mais próximas da face adaxial da epiderme, exceto em *Saccharum* sp. 2 (Fig. 3M). As células incolores adaxiais ocorrem em grande quantidade em *S. angustifolium* (Fig. 3C), *S. asperum* (Fig. 3F) e *Saccharum* sp. 1 (Fig. 3J). Raramente não foram visualizadas células incolores abaxiais.

O parênquima clorofiliano de formato poliédrico disposto de forma compacta e radialmente ao redor dos feixes vasculares, podendo ser interrompido pela extensão da bainha do feixe vascular (Fig. 3).

Apresentam feixes vasculares colaterais de 1ª e 2ª ordem equidistantes e o feixe de 3ª ordem está voltado ligeiramente para a face abaxial (Fig. 3). Os feixes vasculares de 1ª ordem possuem de 2-5 elementos de vaso do metaxilema, apresentam formato circular (Fig. 3D),

elíptico (Fig. 3A) e/ou oval (Fig. 3O), contudo feixes elípticos não foram visualizados em *Saccharum* sp. 2 e ovais em *S. angustifolium*. Apresentam duas bainhas, sendo a externa parenquimática incompleta possuindo de 14-33 células. A bainha interna é esclerenquimática com extensões voltadas para ambas as faces da epiderme; extensões adaxiais em forma de cordão ou “T” ocorrem em todas as espécies; extensões abaxiais em forma de cordão em todas as espécies, e formato em “T” apenas em *S. villosum* e *S. asperum*; tais extensões (adaxiais e abaxiais) possuem a partir de 7 camadas de fibras apenas em *S. ravennae* (Fig. 3O). Sob os feixes vasculares de 1ª ordem ainda podem ser visualizados macrotricomos curtos de base larga em *S. angustifolium* (raro) e em *S. ravennae* (comum) (Fig. 3O).

Os feixes vasculares de 2ª ordem possuem formato elíptico em todas as espécies, além deste, feixes de formato circulares foram observados em *S. asperum*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 3N) e ovais em *S. ravennae* (Fig. 3Q). Nota-se bainha parenquimática completa ou incompleta, *S. angustifolium*, entretanto, apresenta apenas bainha parenquimática completa (Fig. 3B); possuem de 8-19 células na bainha. Extensões de bainha esclerenquimática adaxial presente em forma de cordão ou em “T” (*S. angustifolium* e *S. asperum*), com 1-6 camadas; extensões de bainha esclerenquimática abaxial em forma de cordão ou em “T” (*S. asperum*), com 1-7 camadas (Fig. 3F). *S. angustifolium* (Fig. 3B) e *S. ravennae* apresentam extensão de bainha parenquimática voltada para a face adaxial.

Os feixes vasculares de 3ª ordem possuem formato circular e bainha parenquimática completa com 5-12 células. Bainha esclerenquimática não foi visualizada; apresentam extensões esclerenquimáticas em forma de cordão e/ou parenquimática (1 a 3 camadas) (Fig. 3A e 3K) voltado para a face adaxial da epiderme, podendo também estar ausente em todas as espécies, exceto em *S. villosum*; extensões esclerenquimáticas em forma de cordão (1 a 4 camadas) frequentemente estão dispostas voltadas para a face abaxial, podendo estar ausente em todas as espécies, exceto em *S. asperum*, *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae*.

Todas as espécies possuem até 12 feixes vasculares entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos, exceto *Saccharum* sp. 1 (Fig. 2D) que possui a partir de 13; sendo estes 1-7 de 2ª ordem e 1-10 de 3ª ordem, se considerado apenas os feixes de 2ª ou 3ª ordem, de forma isolada, não é possível distinguir grupos entre as populações.

Os feixes vasculares apresentaram distância intervenal de 1-6 células, sendo as menores distâncias encontradas em *S. ravennae* (1-3 células), seguindo das demais espécies (2-6 células).

## Características gerais da lâmina foliar e descrição da ala – dados quantitativos

*S. angustifolium* possui espessura da lâmina foliar estatisticamente maior que as demais, enquanto que *S. ravennae* a mais estreita (Tab. 3). A altura das CEC da face adaxial da epiderme de *S. asperum* e *Saccharum* sp. 1 são estatisticamente semelhantes e maiores que as demais, enquanto que *S. ravennae* possui a menor altura. Na face abaxial *S. ravennae* apresenta epiderme mais estreita que as demais (Tab. 3). A maior deposição de cutícula na face adaxial e abaxial da epiderme ocorre em *S. angustifolium* (Tab. 3). A altura das CEC da face adaxial da epiderme difere estatisticamente da abaxial em *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae*, enquanto que a maior deposição de cutícula na face adaxial da epiderme é maior que na face abaxial em todas as espécies, exceto em *S. asperum* (Tab. 4).

As maiores alturas das células buliformes são encontradas em *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1, porém devido à elevada espessura do mesofilo nas duas últimas a porcentagem ocupada por este tipo celular é até 30% do mesofilo, o inverso ocorre com *S. ravennae* cujo mesofilo estreito faz com as células buliformes desta espécie ocupe mais de 30% do mesofilo (Tab. 3). *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 possuem o mesofilo, estatisticamente mais espesso que as demais (Tab. 3). *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 possuem células incolores adaxiais e abaxiais maiores que as demais, enquanto que *S. ravennae* as menores; em todas as espécies, exceto *Saccharum* sp. 2, que são estatisticamente iguais, as células incolores adaxiais são estatisticamente maiores que as abaxiais (Tab. 4).

Para os feixes de 1ª ordem o comprimento são maiores em *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 e menores em *S. villosum* e *S. ravennae*; a largura é maior em *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2. O diâmetro dos elementos de vaso do metaxilema são maiores em *Saccharum* sp. 1 e menores em *S. villosum* e *S. ravennae*. O comprimento total do esclerênquima é maior em *S. angustifolium* (Tab. 5).

O comprimento dos feixes de 2ª ordem é maior em *S. villosum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 e menor em *S. ravennae*; a largura é maior em *Saccharum* sp. 2 e menor em *S. villosum*. O comprimento total do esclerênquima é maior em *S. angustifolium* e menor em *S. ravennae* (Tab. 5).

Os feixes de 3ª ordem possuem o comprimento maior em *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2; a largura é maior em *S. asperum*, *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2. O comprimento total do esclerênquima é maior em *S. asperum*, *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 (Tab. 5).

A maior distância intervenal ocorre em *S. angustifolium* e a menor em *S. ravennae* (Tab. 3).

Quando comparados estatisticamente os dados quantitativos dos feixes vasculares dentro de cada espécie observou-se que o comprimento, largura e número de células da bainha parenquimática dos feixes de 1ª ordem são maiores que os de 2ª ordem e estes, por sua vez, são maiores que os de 3ª ordem. Entretanto, ao comparar a espessura do esclerênquima total, os feixes de 1ª ordem de *S. asperum* e *Saccharum* sp. 1 são estatisticamente iguais aos de 2ª ordem; nos demais segue o mesmo padrão apresentado no comprimento.

#### Características do bordo

Os bordos possuem CEC, células silicificadas e tricomas, o mesofilo é semelhante à ala. Em *S. asperum* e *S. villosum* as espécimes podem apresentar bordos iguais ou diferentes, nas demais os bordos apresentam-se diferentes. Os bordos distinguindo-se pelo: número de feixes vasculares, número de camadas de fibras na extremidade, presença e número de camadas na calota de fibras abaixo do último feixe vascular, tipo/formato dos tricomas na extremidade.

O bordo 01 possui apenas um feixe vascular em *Saccharum* sp. 1 (Fig. 4G) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 4I), de 1-2 feixes em *S. angustifolium* e *S. ravennae* (Fig. 4K), de 1-3 feixes em *S. asperum* e de 1-4 feixes em *S. villosum*. Calota de fibras estão presentes em *S. angustifolium* (Fig. 4A) e *S. villosum* (Fig. 4E). Sob o último feixe vascular as espécies estudadas podem possuir até 7 camadas de fibras e na extremidade apenas *Saccharum* sp. 1 (Fig. 4G) e *S. ravennae* (Fig. 4K) possuem acima de 10 camadas de fibras. A extremidade é aguda em todas as espécies, podendo ser arredondado (*S. angustifolium* e *S. asperum*) (Fig. 4A e 4C) ou possuir estreitamento lignificado voltado para a face adaxial (*S. villosum* e *S. asperum*) (Fig. 4E). Cavidades de espinhos foram visualizadas em todas as populações, podendo estar ausente.

O bordo 02 possui de 1-2 feixes vasculares (*S. asperum* e *S. angustifolium*), 2-3 feixes (*Saccharum* sp. 1, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae*) (Fig. 4H, 4J e 4L) ou 1-4 feixes (*S. villosum*). Calota de fibras estão presentes em todas as espécies, exceto *Saccharum* sp. 1. O número de camadas de fibras sob o último feixe vascular e na extremidade é semelhante ao bordo 01 (Fig. 4H e 4L). *S. villosum* (Fig. 4F), *S. asperum* e *S. angustifolium* possuem extremidade aguda ou com estreitamento lignificado voltado para a face adaxial; *S. ravennae*

possuem extremidade aguda, podendo ser revoluto (Fig. 4L); *Saccharum* sp. 2 (Fig. 4J) possui apenas estreitamento lignificado voltado para a face adaxial; enquanto que *Saccharum* sp. 1 (Fig. 4H) possui extremidade arredondada. Cavidades de espinhos foram visualizadas em todas as populações, podendo também estar ausente.

#### Características da Nervura Central

A nervura central (NC) é proeminente de formato plano-convexo (exceto em *S. angustifolium*) ou côncavo-convexo (exceto em *S. asperum* e *Saccharum* sp. 2) (Fig. 5). A face adaxial da epiderme é recoberta por cutícula lisa, possui CEC retangulares e células silicificadas ocorrem de forma dispersa e no mesmo nível das CEC (Fig. 5G). 1-4 camadas de fibras ocorrem continuamente logo abaixo da face adaxial da epiderme, o menor número de camadas ocorre em *S. angustifolium*.

A região central da NC é ocupada por células incolores poligonais (6-8 lados); possuem até 14 camadas de células incolores, com exceção de *S. ravennae* (Fig. 5M) que ocorre entre 15-19 camadas. Parênquima clorofiliano, semelhante ao da ala, e feixes vasculares encontram-se voltados para a face abaxial da epiderme.

Na NC os feixes são semelhantes aos encontrados na ala. Feixes de 1ª ordem margeiam as células incolores, sendo o central de formato circular, elíptico em *S. asperum*, *S. angustifolium* (Fig. 5B) e *Saccharum* sp. 1; e os laterais elípticos ou circulares (*S. asperum*, *Saccharum* sp. 1, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae*). Possuem 2-5 elementos de vaso de metaxilema; bainha parenquimática incompleta; extensão de bainha esclerenquimática em forma de cordão voltada para a face abaxial com até 12 camadas de células, exceto em *Saccharum* sp. 1.

Os feixes de 2ª ordem são elípticos, possuem bainha parenquimática completa ou incompleta em *S. villosum*, *S. angustifolium* *Saccharum* sp. 2 (Fig. 5L) e incompleta nas demais populações. Apresentam extensões esclerenquimáticas voltadas para ambas as faces, sendo estreita na face adaxial (Fig. 5H, 5J e 5N) e em forma de cordões (2-10 camadas de fibras) na face abaxial.

Os feixes de 3ª ordem são circulares, podendo ser elíptico em *S. asperum* e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 5L). Apresenta bainha parenquimática completa (*S. angustifolium*), incompleta (*S. ravennae*) (Fig. 5N) ou completa e incompleta (demais populações); extensões

esclerenquimáticas em forma de cordão (1-6 camadas) estão voltadas para a face abaxial ou ausentes.

Em relação ao número total de feixes vasculares na NC, as espécies estudadas formam três grupos: poucos feixes vasculares (até 20), como em *S. villosum* (Fig. 5F) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 5K); muitos feixes vasculares (a partir de 21), como *Saccharum* sp. 1 (Fig. 5I) e *S. ravennae* (Fig. 5M); e que apresentam um número variável de feixes (7-33 feixes), como em *S. angustifolium* (Fig. 5A) e *S. asperum* (Fig. 5D). Sendo 1-9 feixes de 1ª ordem, 1-16 feixes de 2ª ordem e 2-17 feixes de 3ª ordem, se considerado cada tipo de feixe, estes não podem ser utilizados para separar em grupos as populações estudadas. Entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos podem ocorrer 1-8 feixes vasculares. Se contados separadamente os feixes de 2ª e 3ª ordem entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos há de 0-4 feixes de 2ª ordem e 0-5 feixes de 3ª ordem, não podendo estes ser usados para separar em grupos as populações estudadas. A distância intervenal varia de 1-5 células nas populações estudadas.

Nota-se ainda que, em *S. angustifolium*, os tricomas estão direcionados para a saliência protegendo a região onde encontram-se os estômatos.

#### Descrição das secções paradérmicas da lâmina foliar

##### Secção paradérmica da face adaxial da ala

A lâmina foliar das espécies analisadas possui distinção entre zonas costal e intercostal. A zona costal possui células longas, silicificadas, suberosas e tricomas; *S. asperum* (Fig. 6D), *Saccharum* sp. 1 (Fig. 6K) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 6M) possuem até 5 fileiras, enquanto as demais possuem, predominantemente entre 6-12 fileiras. A zona intercostal possui células longas, suberosas, estômatos, células interestomáticas, células buliformes e tricomas; todas as espécies possuem até 16 fileiras de células (Fig. 6).

As células longas costais são retangulares, paredes anticlinais horizontais não espessadas, levemente sinuosa em todas as espécies, podendo ser sinuosa (exceto em *S. ravennae*) (Fig. 6O) ou lisa em *S. angustifolium*; parede anticlinal vertical não espessada de contorno reto ou angular em todas as espécies.

As células longas intercostais são semelhantes às costais em *S. villosum* (Fig. 6G), *S. asperum*, e *S. ravennae*. As paredes anticlinais horizontais de *S. angustifolium* (Fig. 6A)

apresentam de forma sinuosa ou levemente sinuosa, *Saccharum* sp. 1 (Fig. 6K) sinuosa e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 6M) levemente sinuosa.

As células curtas costais são do tipo suberosa e silicificada. Células suberosas são estreitas (eixo vertical maior que o horizontal) ou quadradas, possuem contorno sinuoso (Fig. 6M) (exceto em *S. ravennae*) ou liso (Fig. 6O) (exceto em *Saccharum* sp. 2); apresentam-se isoladas, aos pares (*S. asperum*, *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae*), em pares sílico-suberosos (exceto *Saccharum* sp. 1) ou em longas fileiras com até 60 células. As células silicificadas são cruciformes e halteriformes (Fig. 6D), presente em todas as espécies, ou nodulares (*S. villosum*, *S. asperum*, *S. angustifolium* e *S. ravennae*); estão dispostos em pares sílico-suberosos ou em longas fileiras, em *S. ravennae* ainda mostram-se de forma isolada.

Na zona intercostal as células suberosas são retangulares e estreitas ou quadradas. Mostram-se comumente isoladas, mais raramente aos pares. Apresentam contorno semelhante ao da zona costal.

Os complexos estomáticos ocorrem na margem da zona intercostal. Estão dispostos em até 3 fileiras (*S. angustifolium* e *S. ravennae*) (Fig. 6A e 6O) ou entre 3-8 fileiras (demais espécies), a fileira mais próxima às células buliformes é contínua em *S. villosum*, *S. asperum* e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 6M). Apresentam células-guarda halteriforme e células subsidiárias triangulares (Fig. 6K) ou em cúpula (Fig. 6A), em *S. ravennae* observaram-se apenas células subsidiárias em cúpula.

Os complexos estomáticos são separados por uma (raro duas) célula interestomática retangular, esta possui paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas, lisa (*S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 2) ou sinuosa (*S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1); são longas em *S. asperum*, *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae*, nas demais são de tamanho médio.

As células buliformes são quadradas ou retangulares (Fig. 6) dispostas em 1-8 fileiras, o maior número de fileiras ocorre em *S. villosum* e *S. ravennae*.

Macrotricomas podem ser longos ou curtos. Há dois tipos de macrotricomas longos: os *cushion hair* (“almofada”) (*S. villosum*, *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp.1) (Fig. 6H) e os que não apresentam célula especializada na base (*S. villosum*, *Saccharum* sp.2) (Fig. 6N), os dois tipos de macrotricomas encontram-se entre as células buliformes; macrotricomas curtos de base largas estão presente em *S. angustifolium* e *S. ravennae* (Fig. 6P). Macrotricomas longos são abundantes em *S. villosum* (Fig. 6H), escasso em *S. angustifolium* (Fig. 6B) e frequente nas demais populações (Fig. 6E, 6K e 6N).

Microtricomas estão presentes na zona intercostal, podendo ser encontrados entre as células buliformes (Figs. 6C, 6I, 6F e 6L), exceto em *S. ravennae*; apenas *S. ravennae* possuem célula basal maior que a distal, nas demais a célula distal é maior, o comprimento total de todas as espécies é maior que o complexo estomático.

Ganchos estão presentes na zona intercostal, podendo ser encontrados entre as células buliformes (Fig. 6C, 6I e 6J) (exceto em *S. ravennae*). Espinhos estão presentes na zona costal de todas as populações.

Projeções epidérmicas (papilas) podem estar presentes nas células interestomáticas de *S. villosum* (Fig. 6H), *S. angustifolium* e *S. asperum*. Nas duas primeiras são inconspícuas e em *S. asperum* são evidentes e cilíndricas. Em *S. asperum* (Fig. 6E) ainda podem estar presentes nas células longas costais.

#### Secção paradérmica da face adaxial da ala – dados quantitativos

Em relação às células longas costais *S. villosum* é a que apresenta o maior comprimento enquanto que *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae* os que apresentam menor comprimento. As populações *S. asperum* e *Saccharum* sp. 1 apresentam largura superior e estatisticamente igual quando comparadas com as demais populações, *S. ravennae* é a que possui menor largura. Para as células longas intercostais *S. asperum*, *S. angustifolium* apresenta, estatisticamente, os maiores comprimentos. A largura de *Saccharum* sp. 1 é maior que as outras espécies estudadas enquanto que *S. ravennae* a menor (Tab. 6).

Estatisticamente as células longas intercostais possuem largura maior que as células longas costais; o comprimento das células longas costais é maior que as intercostais em *S. villosum*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2, nas demais espécies são estatisticamente iguais.

No que se refere aos dados quantitativos das células curtas costais o maior comprimento e larguras das células suberosas ocorre em *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1, a menor largura ocorre em *S. ravennae*. As populações *S. asperum* e *S. angustifolium* possuem células silicificadas com comprimento estatisticamente maior que as demais, a maior largura ocorre em *Saccharum* sp. 1 (Tab. 6).

Para as células suberosas existentes na zona intercostal as espécies *S. villosum* e *S. angustifolium* são as que apresentam maior comprimento comparado às demais. A maior e menor largura ocorrem, respectivamente em *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae* (Tab. 6).

Estatisticamente as células suberosas intercostais de *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2 possuem largura maior que as células suberosas costais, as demais espécies possuem largura estatisticamente igual para ambas às zonas. O comprimento das células suberosas são maiores na zona intercostal em *S. villosum*, iguais em *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae* e maior na zona costal nas demais populações.

O complexo estomático de *Saccharum* sp. 1 é o que apresenta maior área, enquanto *S. ravennae* apresenta a menor área, sendo esta estatisticamente igual à *Saccharum* sp. 2. *S. villosum*, *S. asperum*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2 apresentam maiores IE e *S. ravennae* possui os menores IE. As células buliformes de maior área encontra-se em *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 (Tab. 6).

O comprimento total dos microtricomas é maior em *S. angustifolium* e menor em *S. villosum*, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae*, esta última também possui a menor largura. Macrotricomas possui maior frequência em *S. villosum* (Tab. 6).

#### Secção paradérmica da face abaxial da ala

A lâmina foliar das espécies analisadas possui distinção entre zonas costal e intercostal (Fig. 7). A zona costal possui células longas, silicificadas, suberosas e tricomas, com até 7 fileiras de células. A zona intercostal possui células longas, suberosas, estômatos, células interestomáticas, células buliformes e tricomas. Possuem entre 3-7 fileiras, raro 13 fileiras em *S. villosum*.

As células longas costais são semelhantes às encontradas na face adaxial, exceto a sinuosidade das paredes anticlinais horizontais de *S. villosum*, *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 2; nas duas primeiras (Fig. 7G e 7E) apresentam-se apenas contorno sinuoso, em *S. angustifolium* (Fig. 7A) sinuoso ou levemente sinuoso e em *Saccharum* sp. 2 (Fig. 7K) apenas levemente sinuoso. Células longas intercostais são semelhantes as apresentadas na zona costal, exceto a sinuosidade das paredes anticlinais horizontais de *S. asperum*, *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae* (Fig. 7M); na primeira apresenta-se de contorno sinuoso ou levemente sinuoso, em *S. angustifolium* lisa, levemente sinuosa ou sinuosa, e nas duas últimas apenas sinuosas.

As células curtas costais são do tipo suberosa e silicificada. Células suberosas possuem formato semelhante às apresentadas na face adaxial da epiderme, com contorno sinuoso, em *S. angustifolium* (Fig. 7A), *S. asperum* (Fig. 7E) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 7K)

também podem possuir contorno liso; apresentam-se isoladas, aos pares (*S. asperum*, *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1), em pares sílico-suberosos (exceto *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1) ou em longas fileiras com mais de 60 células (exceto *S. ravennae*). As células silicificadas halteriforme estão presentes em todas as populações, cruciformes e nodulares (Fig. 7B) (exceto em *Saccharum* sp. 1) também foram observados; mostram-se em longas fileiras, em pares sílico-suberosos (exceto *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1) ou isoladas (*S. villosum* e *S. asperum*). Longas fileiras de células curtas encontram-se na porção central da zona costal, possuem mais de 60 células, exceto *S. ravennae* que apresentam até 60 células suberosas e silicificadas que se alternam de forma irregular.

Na zona intercostal as células suberosas são semelhantes às encontradas na face adaxial. Em *Saccharum* sp. 2, entretanto, observa-se também células de contorno liso.

Os complexos estomáticos possuem localização e formato das células-guarda e subsidiárias (Fig. 7E e 7I) semelhante à face adaxial. Estão dispostos em 2-7 fileiras, em *S. villosum* (Fig. 7G) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 7K) possuem acima de 3 fileiras de estômatos, nas demais ocorrem até três fileiras de estômatos.

Células interestomáticas possuem formato e espessamento da parede anticlinal semelhantes às encontradas na face adaxial; as paredes anticlinais são sinuosas (*S. asperum* e *Saccharum* sp. 1), levemente sinuosas (exceto *Saccharum* sp. 1) ou lisas (*S. asperum* e *S. angustifolium*); apresentam comprimento curto, *S. asperum*, entretanto, possui comprimento longo.

Macrotricomas podem ser longos ou curtos. Há dois tipos de macrotricomas longos: os *cushion hair* (“almofada”) (*S. villosum*, *S. asperum*, e *Saccharum* sp.1) e os que não apresentam célula especializada na base (*S. villosum*, *Saccharum* sp.2); macrotricomas curtos de base largas estão presente em *S. villosum*, *S. angustifolium* *Saccharum* sp.2 e *S. ravennae*. Os macrotricomas longos são abundante em *S. villosum* (Fig. 7H), frequente em *Saccharum* sp. 2 (Fig. 7K) e escasso em *S. asperum* e *Saccharum* sp. 1 (Fig. 7I).

Microtricomas estão presentes apenas na zona intercostal em *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae*, as demais espécies nas duas zonas (Fig. 7D); apenas *S. angustifolium* apresenta células basais e distais de comprimento igual e *S. ravennae* possui célula basal maior que a distal, nas demais a célula distal é maior, o comprimento total de todas as espécies é maior que o complexo estomático.

Ganchos estão presentes na zona costal (Fig. 7D) (exceto em *S. ravennae*) e intercostal (Fig. 7N) (*Saccharum* sp. 1). Espinhos estão presentes na zona costal, em *S. villosum*,

entretanto, também se notam tais tricomas na zona intercostal. Projeções epidérmicas (papilas) são semelhantes às apresentadas na face adaxial (Fig. 7C, 7F e 7H).

Secção paradérmica da face abaxial da ala – dados quantitativos

Em relação às células longas costais *S. ravennae* possui um comprimento estatisticamente superior às demais populações e *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 largura maior que as demais. Para o comprimento das células longas intercostais *S. ravennae* é estatisticamente maior e *S. villosum* menor; a largura deste tipo celular é estatisticamente maior em *Saccharum* sp. 1 e menor em *S. ravennae* (Tab. 7).

As células longas intercostais possuem largura maior que as células longas costais em *S. villosum* e *Saccharum* sp. 1, o inverso ocorre em *S. angustifolium*, nas demais espécies são iguais. O comprimento deste tipo celular é maior na zona intercostal em *S. angustifolium*, igual em *Saccharum* sp. 2 e maior na zona costal nas demais espécies.

O comprimento das células suberosas costais é maior em *S. ravennae* e menores em *S. villosum*, *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2; as populações *S. asperum*, *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae* possuem as maiores larguras. As células silicificadas de *S. ravennae* são estatisticamente maiores em comprimento e largura, *S. asperum* e *S. angustifolium* as que possuem o menor comprimento e *S. villosum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 2 as menores larguras (Tab. 7).

Para as células suberosas existentes na zona intercostal *S. ravennae* apresenta comprimento estatisticamente superior às demais populações; as maiores larguras ocorrem em *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae* e a menor em *Saccharum* sp. 2. Estatisticamente as células suberosas intercostais possuem largura maior que as células longas costais; em *S. villosum* e *Saccharum* sp. 2 o comprimento é estatisticamente igual nas duas zonas, nas demais espécies a zona costal possui comprimento maior que a zona intercostal (Tab. 7).

A área do complexo estomático é maior em *S. ravennae* e menor em *S. villosum* e *S. angustifolium*. As populações *S. asperum* e *Saccharum* sp. 2 apresentam IE maior que as demais populações, enquanto que *S. ravennae* o menor IE (Tab. 7).

Os microtricomas de *S. ravennae* possuem comprimento total maior que as demais espécies e *Saccharum* sp. 1 a maior largura. As maiores frequências de macrotricomas ocorrem em *S. villosum* (Tab. 7).

## Vista frontal dos bordos sob microscopia eletrônica de varredura

Em todas as espécies os bordos são diferentes, distinguindo-se pelo comprimento, distância e número de fileiras dos espinhos e presença/ausência dos macrotricomas.

No bordo 01 os espinhos estão dispostos em uma só fileira na margem, *S. asperum* (Fig. 8C) pode possuir mais de uma fileira. Estes podem ser curtos a médios (*S. villosum*, *Saccharum* sp. 1, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae*) (Fig. 8A, 8G, 8I e 8K) ou médios a longos (*S. angustifolium* e *S. asperum*) (Fig. 8A e 8C). Os espinhos ficam muito próximos em *Saccharum* sp.2 (Fig. 8I) e próximos entre si, ou distantes em *S. villosum*, *S. asperum* e *S. ravennae* (Fig. 8C). Macrotricomas estão presentes em *S. asperum* (Fig. 8C) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 8I).

No bordo 02 possui os espinhos dispostos em uma só fileira na margem, exceto em *S. angustifolium* (Fig. 8B), *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae* (Fig. 8J) que possuem 2 fileiras. *Saccharum* sp. 1 (Fig. 8H) possui espinhos curtos, *S. asperum*, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae* (Fig. 8L) médios a longos, e em *S. angustifolium* (Fig. 8B) e *S. villosum* curtos a longos. *Saccharum* sp. 2 (Fig. 8J) possui espinhos muito próximos, *S. angustifolium* (Fig. 8B) e *S. ravennae* próximos, nas demais espécies os espinhos mostram-se distantes, entretanto *S. asperum* também pode possuir espinhos próximos. Apresenta macrotricomas em *S. villosum* e *S. asperum* (Fig. 8D) e *Saccharum* sp. 2 (Fig. 8J).

## Secções paradérmicas da nervura central sob microscopia eletrônica de varredura

A região marginal da face adaxial da epiderme da NC possui células epidérmicas comuns longas em todas as espécies. Notou-se estômatos e células silicificadas halteriformes em todas as espécies (Fig. 9A a 9F). Em relação aos tricomas, observou-se macrotricomas apenas em *Saccharum* sp. 2 (Fig. 9E), microtricomas e ganchos foram observados em *S. asperum* (Fig. 9B), *S. villosum* (Fig. 9C), *Saccharum* sp. 2 (Fig. 9E) e *S. ravennae* (Fig. 9F), e espinho em *Saccharum* sp. 1 (Fig. 9D) e *S. ravennae* (Fig. 9F).

A região central da face adaxial da epiderme da NC possui células epidérmicas comuns longas em todas as populações. Notaram-se estômatos em *S. angustifolium* (Fig. 9G) e *S. villosum* (Fig. 9J). Exceto em *S. angustifolium* foram observadas células silicificadas, estas são halteriformes ou cruciformes (*S. asperum*, *S. villosum* e *S. ravennae*) (Fig. 9H, 9K e 9N). As células silicificadas são comuns em *S. asperum* (Fig. 9H) e *S. ravennae* (Fig. 9N) e

raros em *S. villosum* (Fig. 9K) e *Saccharum* sp. 1 (Fig. 9L). Raros espinhos estão presentes em *S. asperum* (Fig. 9I).

A face abaxial da epiderme da nervura central é semelhante à face abaxial da epiderme da ala (Fig. 10), entretanto, não foram observados ganchos em *Saccharum* sp. 1 (Fig. 10D), assim como papilas nas células longas intercostais de *S. asperum* (Fig. 10B).

#### Análises de similaridades

A partir dos caracteres considerados distintivos (Tab. 8) foi gerado um dendograma mostrando as principais relações entre as espécies (Fig. 11). Ao nível de similaridade de 50% foi possível distinguir dois grupos: o primeiro formado por *S. ravennae*, o segundo pelas demais espécies. Nota-se que dentro do segundo grupo as espécies já descritas de *Saccharum* encontram-se mais relacionadas entre si que as *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2.

*S. ravennae* distingue-se das espécies nativas, em secção transversal, pela presença de reentrâncias na face adaxial da epiderme, contorno revoluto no bordo 02, extensões de bainha esclerenquimática nos feixes de 1ª ordem a partir de 7 camadas, feixes de 2ª ordem ovais (além de elípticos) e possuir a partir de 15 camadas de células incolores na nervura central. Em vista paradérmica possui microtricomas com célula basal maior que a distal em ambas as faces da epiderme, longas fileiras de células curtas (até 60 células) e espinhos grandes (como nos bordos) na zona costal da face abaxial (Tab. 8).

As espécies nativas possuem em comum, em secção transversal, contorno linear no bordo 02, extensões de bainha esclerenquimática nos feixes de 1ª ordem com até 6 camadas e nervura central com até 14 camadas de células incolores. Na face adaxial da ala, em vista paradérmica, apresentam células longas com paredes anticlinais horizontais sinuosas, células suberosas de contorno sinuoso, células subsidiárias de formato triangular (além do formato em cúpula), macrotricomas, microtricomas e ganchos entre as células buliformes e microtricomas com célula distal maior que a basal. Na face abaxial da epiderme possuem longa fileira de células curtas com mais de 60 células na zona costal, células subsidiárias de formato triangular (além do formato em cúpula), células suberosas de contorno sinuoso e ganchos presentes na zona costal (Tab. 8).

*S. villosum*, *S. asperum* e *S. angustifolium* possuem 59,7% de similaridade (Fig. 11) e compartilham 46 características, entretanto apenas 5 são exclusivas e ausentes nas demais espécies: bordo 02 com extremidade aguda e com fibras voltadas para a face adaxial (além de

central), na face adaxial da epiderme possuem microtricomas na zona costal e possuem papilas nas células interestomáticas da face adaxial e abaxial da epiderme e na face abaxial da epiderme e nervura central (Tab. 8).

*S. villosum* distingue-se das demais espécies por possuir acima de 2 feixes vasculares no bordo 01 (12), comprimento das células suberosas intercostais maiores que as da zona costal (89), macrotricomas abundantes na face adaxial (95) e abaxial (142), espinhos presentes na zona intercostal (além da costal) na face abaxial da epiderme (151) e da nervura central (186). *S. asperum* pelas características: fibras na extremidade voltada para a face abaxial no bordo 01 (18) e 02 (26), extensão AB em forma de "T" nos feixes de 2ª ordem (além de cordões) (46), papilas evidentes nas células interestomáticas da face adaxial (104) e abaxial (153), células interestomáticas de comprimento longo na face abaxial da epiderme (123), mais de uma fileira de espinhos (além de apenas 1 fileira) no bordo 01 (159) e presença de espinho na região central da face adaxial da nervura central (181). E *S. angustifolium* pelo contorno da NC somente côncavo-convexo (3); na face adaxial da epiderme: células longas com paredes anticlinais horizontais lisas (64) e macrotricomas escassos (97); na face abaxial da epiderme: células longas com paredes anticlinais horizontais lisas (127), largura das células longas intercostais menores que as da zona costal (133), comprimento das células longas intercostais maiores que as da zona costal (134) e microtricomas com célula basal e distal igual (147). Os valores entre parênteses referem-se ao número do estado de carácter presente na tabela 8.

Dentre os caracteres que possuem estados de caracteres distintivos entre as espécies podem ser citados para a secção transversal da ala: o formato da superfície adaxial e abaxial, formato da nervura central, número de feixes vasculares no bordo 01, posição das fibras nos bordos 01 e 02, contorno do bordo 02, tamanho das células incolores, número de camadas da extensão de bainha esclerenquimática dos feixes vasculares de 1ª e 2ª ordem, formato dos feixes vasculares de 2ª ordem, número de feixes vasculares entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos; para secção transversal da nervura central: número de camadas das células incolores e da extensão de bainha esclerenquimática abaxial nos feixes de 1ª ordem central.

Para a face adaxial da epiderme os caracteres distintivos foram: sinuosidade das células longas costais, relação entre o comprimento das células suberosas da zona costal e intercostal, frequência dos macrotricomas e relação entre as células base e distal dos microtricomas. Vale ressaltar que a zona intercostal desta face da epiderme não apresentou nenhuma característica distintiva entre as espécies. Para a face abaxial da epiderme os

caracteres distintivos foram: tamanho das fileiras de células curtas na zona costal, índice estomático, comprimento das células interestomáticas, relação da largura e comprimento das células longas das zonas costais e intercostais, sinuosidade das células longas intercostais, frequência dos macrotricomas, relação entre as células base e distal dos microtricomas e localização dos espinhos.

Em vista frontal os bordos distinguem-se pela distância dos espinhos no bordo 01 e 02, número de fileiras de espinhos e presença de macrotricomas no bordo 01. Em relação a face adaxial da nervura central caracteres como frequência das células silicificadas e presença de espinhos na região central, além da presença de macrotricomas na região marginal mostram-se característicos entre as populações. Para a face abaxial da nervura central a localização dos espinhos é um carácter importante e exclusivo para uma das espécies.

Para a análise dos componentes principais (PCA) foram selecionados um grupo de características quantitativas (Tab. 9). O Eixo 1 da PCA apresentou poder explicativo de 50.45% enquanto que o eixo 2 apenas 20.05%.

As características mais fortemente relacionadas com o eixo 1 foram, para secção transversal: espessura da lâmina foliar (T1), altura das células epidérmicas da face adaxial (T2) e abaxial (T3), esclerênquima total dos feixes de 2ª ordem (T12), comprimento dos feixes de 3ª ordem (T13), altura das células incolores adaxiais (T17) e abaxiais (T18), distância entre os feixes vasculares (T18); para a face adaxial da epiderme foi a área das células buliformes (AD4); e para a face abaxial da epiderme foram a largura das células silicificadas da zona costal (AB4) e o comprimento das células longas da zona costal (AB6).

As características mais fortemente relacionadas com o eixo 2 foram, em secção transversal, o esclerênquima total dos feixes de 1ª ordem (T9); para a face adaxial da epiderme foram: índice estomático (AD2), comprimento dos microtricomas (AD8) e frequência dos macrotricomas (AD9); para a face abaxial da epiderme foram: comprimento das células silicificadas da zona costal (AB5), comprimento das células longas da zona intercostal (AB7), comprimento dos microtricomas (AB8) e frequência dos macrotricomas (AB9).

Por esta análise também se observa a separação de *S. ravennae* das espécies nativas. Esta espécie se distingue das demais pelas características da face abaxial da ala (AB1, AB3, AB4, AB5, AB6, AB7, AB8), excetuando o índice estomático (AB2) e a frequência dos macrotricomas (AB9) (Fig. 12).

As principais características apresentadas por *S. villosum* foram: comprimento dos feixes de 2ª ordem, comprimento das células longas da zona costal da face adaxial da ala (AD7), frequência dos macrotricomas da face adaxial (AD9) e abaxial da ala (AB9). Para *S. asperum* foram: largura dos feixes vasculares de 3ª ordem, comprimento das células interestomáticas da face adaxial da ala (AD3), área das células buliformes (AD4), largura das células silicificadas da face adaxial (AD6) e índice estomático da face abaxial (AB2) (Fig. 12).

*S. angustifolium* é distinguível das demais espécies principalmente pelos caracteres transversais (T1, T2, T4, T5, T6, T9, T12, T13, T15, T17, T18), além do comprimento dos microtricomas da face adaxial da epiderme (AD8). As principais características apresentadas por *Saccharum* sp 1 foram, transversalmente: altura das células epidérmicas da face adaxial (T2) e abaxial (T3), largura dos feixes de 1ª ordem (T7), diâmetro do metaxilema (T8), comprimento dos feixes de 2ª (T10) e 3ª ordem (T13) e altura das células incolores da face adaxial (T16); e para a face adaxial: área do complexo estomático (AD1), área das células buliformes (AD4) e comprimento das células silicificadas (AD5). *Saccharum* sp 2 é caracterizado principalmente por: largura dos feixes vasculares de 1ª (T7) e 2ª ordem (T11) e o índice estomático da face adaxial da epiderme (AD2) (Fig 12). Os códigos das variáveis anatômicas estão apresentados na tabela 9.

Chave de identificação para *S. ravennae* e espécies nativas de *Saccharum* com base nas características anatômicas da lâmina foliar.

1. Contorno revoluto em um dos bordos, extensões de bainha esclerenquimática nos feixes de 1ª ordem a partir de 7 camadas e a partir de 15 camadas de células incolores na nervura central. Microtricomas com célula basal maior que a distal em ambas as faces da epiderme. Células subsidiárias apenas em cúpula ..... *S. ravennae*
1. Contorno linear em ambos os bordos, extensões de bainha esclerenquimática nos feixes de 1ª ordem até 6 camadas e até de 14 camadas de células incolores na nervura central. Microtricomas com célula distal maior que a basal em ambas as faces da epiderme. Células subsidiárias de formato triangular (além do formato em cúpula) ..... 2
2. Superfície da epiderme abaxial plana; macrotricomas longos sem célula especializada na base ..... *Saccharum* sp. 1

2. Superfície da epiderme abaxial com ondulações ou sulcos leves; macrotricomas longos do tipo *cushion hair* (“almofada”) ou curtos com base larga ..... 3
3. Células incolores da face adaxial e abaxial de tamanhos iguais, macrotricomas frequentes na face abaxial da epiderme e presença de macrotricomas na região marginal da face adaxial da nervura central ..... *Saccharum* sp. 2
3. Células incolores da face adaxial e abaxial de tamanhos diferentes, macrotricomas abundantes ou escassos na face abaxial da epiderme e ausência de macrotricomas na região marginal da nervura central ..... 4
4. Face abaxial da epiderme com sulcos leves, extensão parenquimática nos feixes de 2ª ordem. Células silicificadas apenas em longas fileiras. Macrotricomas longos da face adaxial escassos, microtricomas da face abaxial da epiderme com comprimento de células basais e distais iguais ....  
..... *S. angustifolium*
4. Face abaxial da epiderme com ondulações, ausência de extensão parenquimática nos feixes de 2ª ordem. Células silicificadas isoladas, além de longas fileiras. Macrotricomas longos da face adaxial abundantes ou frequentes, microtricomas da face abaxial da epiderme com comprimento da célula distal maior que a basal ..... 5
5. Células buliformes ocupam acima de 30.01% do mesofilo, até 5 fileiras na zona costal da face adaxial, células interestomáticas adaxiais e abaxiais longas, macrotricomas longos da face abaxial escassos, células silicificadas abundantes na região central da face adaxial da nervura central ..... *S. asperum*
5. Células buliformes ocupam até 30% do mesofilo, acima de 6 fileiras na zona costal da face adaxial, células interestomáticas adaxiais média e abaxiais curtas, macrotricomas longos da face abaxial abundantes, células silicificadas raras na região central da face adaxial da nervura central ..... *S. villosum*

## Discussão

Estruturalmente, a lâmina foliar de gramíneas é um órgão complexo, exibindo grande variação anatômica, fornecendo informações adicionais à taxonomia (Gould 1958; Ellis

1986). Muitas das características citadas para as espécies de *Saccharum* estudadas são comuns para a subfamília Panicoideae. Nesta subfamília, com raras exceções, a nervura central é em forma de quilha, apresenta vascularização simples, bainha Kranz, células longas intercostais retangulares com paredes sinuosas, células subsidiárias em forma de cúpula ou triangulares, presença de microtricomas e células silicificadas horizontalmente alongadas (Gould 1958; Ellis 1986; Watson e Dallwitz 1994; Barker et al. 2001).

#### Características gerais da lâmina foliar

O formato linear e nervura central saliente observado nas espécies em estudo já têm sido relatados para *Saccharum* e outros gêneros de Saccharinae por Grassl (1971), Watson e Dallwitz (1994), Phillips e Shouliang (2005), Ahmad et al. (2010) e Joarder et al. (2010). Em secção transversal as lâminas foliares de Poaceae geralmente aparecem expandidas (Ellis 1976), Renvoize (1982) cita que em Andropogoneae esta característica é comum a 77% dos gêneros. De acordo com Renvoize (1985) esta também é uma característica de folhas de gramíneas que crescem expostas à luz.

Para as espécies de *Saccharum* foram observadas variações na superfície de epiderme entre sulcos médios, profundos e reentrâncias na face adaxial e plana, ondulações e sulcos leves na face abaxial da epiderme, possuindo, então valor taxonômico para o gênero. Para *Paspalum*, Denham (2005) cita que a presença de sulcos são autoapomorfias e, portanto, sem caráter informativo. Entretanto, para outros grupos como: *Aniselytron* (Ma et al. 2005), *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert e *Tristachya leiostachya* Nees (Alvarez et al. 2005), *Panicum* (Guglieri et al. 2008), *Bromus* (Carneiro et al. 2008), *Raddia* (Oliveira et al. 2008), *Briza* (Pelegrin et al. 2009), *Cyperus* (Hefler e Longhi-Wagner 2010), *Sacciolepis* (Gennaro 2011) e gêneros de Ischaeminae (Traiperm et al. 2011) a presença e profundidade dos sulcos se mostraram diferencial entre as espécies.

#### Epiderme

Em Poaceae a epiderme é modificada nas áreas localizadas sobre e entre os feixes vasculares, em vista frontal é denominado, respectivamente, zona costal e intercostal (Metcalf 1960). Em secção transversal, as células epidérmicas comuns das espécies analisadas de *Saccharum* não mostraram diferenças entre as espécies exibindo formato

quadrado ou retangular, estes formatos são comuns a muitas gramíneas. Ellis (1976) cita que normalmente, neste tipo de secção, as células epidérmicas comuns não exibem caracteres diagnósticos importantes.

Em relação à altura das CEC Ellis (1976) comenta que membros de *Andropogoneae* possuem células epidérmicas largas. Quando comparada as duas faces da epiderme a altura das CEC da face adaxial difere estatisticamente da abaxial em *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae* corroborando a Herfler e Longhi-Wagner (2010) e Ghahreman et al. (2006) que citam que existe variação entre a altura das células epidérmicas em outras espécies de monocotiledôneas. Nestes trabalhos a comparação entre a altura das células epidérmicas foi utilizada para separar espécies de *Cyperus* subg. *Cyperus* e *Bromus*, respectivamente. Nas espécies analisadas, assim como nos trabalhos supracitados, também ocorreu variação na altura das CEC de ambas as faces da epiderme, sendo então considerado este caráter com valor taxonômico para o grupo.

Porém, acredita-se que esta variação também esteja mais relacionada com aspectos ecológicos, Melo et al. (2007) citam que este tecido é bastante responsivo às alterações ambientais. De acordo com Fahn e Cutler (1992), células com menor volume estão mais adaptadas às condições de seca uma vez que são mais resistentes ao colapso. Esta afirmação está de acordo com os dados apresentados visto que *S. ravennae*, coletado na região da Palestina, possui células mais estreitas, quando comparadas às demais espécies analisadas, tanto na face adaxial como na abaxial da epiderme.

Observa-se que para as espécies nativas coletadas em condições hídricas desfavoráveis como *S. angustifolium* e *Saccharum* sp.1, coletados em regiões de solos secos e úmidos, respectivamente (ver capítulo 1), as células da epiderme não mostraram-se tão reduzidas como em *S. ravennae*. Entretanto, as células da face adaxial mostram-se maiores estatisticamente que as da face abaxial, confirmando estudos de Kurzweil et al. (1995 *apud* Oliveira e Sajo 1999). Estes autores afirmam que células epidérmicas adaxiais maiores que as abaxiais estão relacionadas com a função de reserva de água, o que seria uma vantagem em condições de seca. Evidenciando, desta forma adaptações diferentes dentro do mesmo gênero.

Em vista frontal, as células longas da epiderme exibem, em geral, contorno sinuoso ou levemente sinuoso. Este tipo de contorno é comum em planta do gênero e de outros gêneros do *Saccharinae*; estando em *Erianthus hostii* Griseb., *Saccharum bengalense* Retz., *S. officinarum* L. e *S. spontaneum* L. (Metcalf 1960), *Miscanthus* e *Imperata* (Watson e

Dallwitz 1994). Para Watson et al. (1985) paredes sinuosas é uma característica de Andropogoneae.

Mauseth (1988) afirma que a sinuosidade das paredes celulares pode ser afetada pelo ambiente. Metcalfe (1960), Hilu e Wright (1982) e Ullah et al. (2011), entretanto, consideram a sinuosidade das paredes de células longas com valor diagnóstico. Esta característica foi considerada taxonômica para outros gêneros de Poaceae como *Briza* (Pelegrin et al. 2009) e *Andropogon* (Hilu 1984).

Ellis (1979) cita cinco classes de classificação para a sinuosidade das paredes anticlinais, Santos et al. (2010) as resumem em três classes: lisa, pouco sinuosa ou sinuosa. Para o trabalho foi considerado que a variação no contorno apresentado pelas espécies de *Saccharum* estudadas (lisa, levemente sinuosa e sinuosa) pode ser usada como critério taxonômico; são, em geral sinuosas ou levemente sinuosas; entretanto, estas classificações variam quanto à zona e face da epiderme e pode ocorrer mais de um tipo de classificação para a mesma zona/face da epiderme de acordo com a espécie ou dentro da mesma espécie.

Em relação aos dados quantitativos das células epidérmicas em vista frontal foi observado que existem diferenças entre as espécies quando se compara o comprimento e largura das células longas da zona costal e intercostal. Os valores quantitativos deste tipo celular foram destacados por Raole e Desai (2009) por ter considerável valor na identificação; por este critério os autores conseguiram distinguir espécies de *Cymbopogon*. Entretanto, os mesmos não comentam de que zona da epiderme estas medidas foram feitas.

Por outro lado, Shrivastava et al. (2003) citam que para *S. officinarum* os menores tamanhos de células, baixos comprimentos e larguras estão associados às condições de seca. Corroborando em parte ao apresentado, uma vez que *S. ravennae*, coletado na região da Palestina, possui em geral os menores valores de comprimento e largura nas duas zonas da epiderme. Desta forma estes dados mostram-se mais importantes para compreender como a espécie se comporta com o ambiente do que valor taxonômico.

Em relação à cutícula todas as espécies apresentam-na lisa e delgada; entretanto *S. angustifolium* apresenta maior deposição na face adaxial e abaxial, assemelhando-se à espessura da cutícula relatada para *S. officinarum* por Joarder (2010). A cutícula bem desenvolvida é um caractere xerofítico (Metcalfe 1989; Dickson 2000; Menezes et al. 2006; Cutler et al. 2011)

É comum a maior cuticularização na face abaxial da epiderme (Ellis 1976). Observou-se que, exceto em *S. asperum*, este fato ocorreu para todas as espécies. Apesar de esta

característica ter-se mostrado diferente, independente das condições do solo, uma vez que, assim como *S. asperum*, *S. villosum* e *Saccharum* sp.2 também foram coletados em solos encharcados (ver capítulo 1), acredita-se que ela está ligada a fatores ambientais como: temperatura (Fanh e Cutler 1992), umidade (Cutler et al. 2011) e altitude (Gönüz e Özörgücü 1999) e estes estejam influenciando em uma menor deposição de cutícula na face adaxial da epiderme.

### Células buliformes

Características relacionadas às células buliformes como forma, frequência e distribuição e tamanho relativo possuem importante valor taxonômico (Ellis 1976), especialmente no nível específico. A presença de células buliformes apenas na face adaxial da epiderme e sobre os feixes vasculares de terceira ordem, de acordo com Brown (1958) caracteriza as espécies das tribos Paniceae e Andropogoneae. Colbert e Evert (1982) e Joarder et al. (2010) relatam que as células buliformes de *S. officinarum* ocupam grande parte da epiderme, desenvolvendo-se acima dos feixes de 3ª ordem. Estes trabalhos corroboram os dados apresentados pelas espécies avaliadas.

Embora *S. villosum* e *S. ravennae* tenha apresentado um maior número de fileiras de células, nas espécies analisadas não houve variações em relação ao número de fileiras em secção paradérmica e forma em secção transversal (leque) e paradérmica (quadradas ou retangulares). Possivelmente estas sejam uma característica constante para o grupo. O formato retangular, em secção transversal, apresentado por todas as espécies avaliadas, entretanto, não é relatado para *Imperata cylindrica* (Linn.) Raeuschel, *S. bengalense* Retz., *S. ravennae* (Linn.) Murr. e *S. spontaneum* Linn. (Ahmad et al. 2010). Um número semelhante de fileiras de células buliformes e os formatos apresentados foram relatados para *S. officinarum* por Artschwager (1925) e Joarder et al. (2010).

Ellis (1976) cita que o nível das células buliformes em relação às células epidérmicas é critério taxonômico; entretanto, este critério não mostrou-se útil para as espécies avaliadas uma vez que em todas as células buliformes estiveram no mesmo nível das demais CEC. Contudo, o nível das células buliformes em comparação às demais células epidérmicas pode variar em relação a outras espécies do gênero. Artschwager (1925) e Joarder et al. (2010) não descreveram, mas pelas pranchas mostradas nos trabalhos, observa-se que é comum que as

células buliformes em *S. officinarum* estejam acima do nível das demais células epidérmicas. Desta forma, diferente das seis espécies avaliadas.

Em relação à altura das células buliformes, *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1 possuem células buliformes maiores que as demais; estas espécies foram coletadas em ambientes distintos: encharcado, seco e úmido, respectivamente (ver capítulo 1). Melo et al. (2007), entretanto, trabalhando com alterações anatômicas em *Paspalum paniculatum* L. verificaram que esta espécie quando submetidas às condições de deficiência hídrica tiveram células buliformes maiores; segundo estes autores esse crescimento possivelmente está relacionado ao enrolamento foliar.

Acredita-se, então, que o fator ambiental pode interferir na altura das células buliformes, entretanto, não é o único. Fatores genéticos ou outros intrínsecos de cada espécie também podem ser determinantes. *Setaria anceps* Stapf ex Massey, por exemplo, não altera o tamanho das células buliformes mesmo sob deficiência hídrica, ocorrendo nesta espécie ajustes metabólicos para tolerar a tal condição (Melo et al. 2007). O que demonstra que respostas em relação à deficiência hídrica (mudanças anatômicas ou metabólicas) vão depender de cada espécie, e, acredita-se que mesmo nas espécies que optam por alterar o tamanho das células buliformes existe um certo limite. Podendo assim a altura deste tipo celular ser útil para comparações intraespecíficas (anatomia ecológica) e interespecíficas (anatomia taxonômica).

Foi verificada diferença entre as espécies na porcentagem que as células buliformes ocupam no mesofilo, caráter considerado taxonômico por Ghahreman et al. (2006). Ferreira et al. (2007) estudando diferentes variedades de *S. officinarum* também achou variação na porcentagem que estas células ocupam no mesofilo. Sendo considerado por ele que a variedade RB855113, cujas células buliformes ocupam 30.20% do mesofilo, difere estatisticamente das demais que ocupam menos que 30%. Pelas observações foi considerado que a porcentagem que estas células ocupam no mesofilo pode ser utilizada como critério taxonômico uma vez que foi nítida a separação em dois grupos: os que ocupam acima de 20,01% (*S. asperum* e *S. ravennae*) os que ocupam até 20% do mesofilo (demais espécies).

### Células silicificadas

As células silicificadas, ou fitólitos opalinos, são comuns em diversas famílias de monocotiledôneas (Prychid et al. 2004). Sendulsky e Labouriau (1966) citam a ocorrência

deste tipo celular em, pelo menos, 44 famílias diferentes de Cormófitas, sendo mais evidente e divulgada em Poaceae. Nesta família, possui formatos variáveis e são característicos para cada subfamília (Piperno e Pearsall 1998). Panicoideae possui células silicificadas de formatos halteriformes, cruciformes ou nodulares (Ellis 1986; Watson e Dallwitz 1994). Cavalcante (1968) cita que em Andropogoneae o formato das células silicificadas é uniforme, predominando a forma halteriforme; Metcalfe (1960) acrescenta o tipo cruciforme como característico da tribo.

Para as espécies em estudos foram observados os formatos característicos da tribo, além do tipo nodular comum para a subfamília. Metcalfe (1960) relata formato halteriforme e cruciforme em *Erianthus*, *Saccharum*, *Imperata* e *Miscanthus*. Para as espécies descritas pelo autor o formato nodular é mais raro, estando presente em *I. cylindrica*, *S. bengalense*, *S. spontaneum*, *M. sacchariflorus* e *M. condensatus*. Para *S. angustifolium* os formatos apresentados são semelhantes aos descritos para *Erianthus angustifolius* Ness, syn. *S. angustifolium* (Filgueiras 2003), por Cavalcante (1968).

Os formatos destas células, além do tipo descrito para *Saccharum* por Sendulsky e Labouriau (1966), assemelham-se aos descritos para outros gêneros de Poaceae, pelos mesmos autores, como *Paspalum*, *Axonopus*, *Andropogon* e *Ichnanthus*.

O comprimento destas células foi maior que a largura em todas as espécies analisadas corroborando ao trabalho de Ellis (1986); segundo o autor em Panicoideae as células silicificadas são horizontalmente alongadas. Em *Imperata brasiliensis* Trinus, Medeanic et al. (2008), descrevem que o comprimento das células silicificadas está entre 10-20  $\mu\text{m}$ , comprimento semelhante encontrado entre as espécies nativas do gênero *Saccharum*; se for considerado as duas faces da epiderme *S. villosum* apresenta entre 16.41-19.64  $\mu\text{m}$ , *S. asperum* entre 16.09-20.60  $\mu\text{m}$ , *S. angustifolium* entre 16.03-19.78  $\mu\text{m}$ , *Saccharum* sp.1 entre 16.70-18.80  $\mu\text{m}$  e *Saccharum* sp. 2 entre 14.30-15.89. *S. ravennae*, entretanto, mostrou comprimento das células silicificadas da face abaxial da epiderme células silicificadas acima de 30  $\mu\text{m}$ . Não foram observados na literatura dados sobre a largura das células silicificadas, entretanto; esta também mostrou-se diferente entre as espécies. Para este parâmetro *S. ravennae* também apresentou os maiores valores, mostrando distinção entre as espécies nativas. Estes fatos poderiam reforçar a separação desta espécie das demais espécies nativas.

Prychid et al. (2004) afirmam que a forma deste tipo celular não é influenciada por fatores ambientais, indicando que é controlada geneticamente, possuindo, portanto, potencial taxonômico e diagnóstico. Ao nível de gênero Sendulsky e Labouriau (1966) citam que o

formato das células silicificadas são úteis na identificação de espécies de *Mesosetum*, *Axonopus*, *Aristida* e *Trachypogon*. Os diferentes formatos das células silicificadas também foram utilizados com valor taxonômicos por Zulcol (2000), Giraldo-Cañas (2001), Guevara e Rámia (2007) e Pelegrin et al. (2009). Assim como nestes trabalhos, para as espécies em estudo o formato das células silicificadas também se mostrou importante, principalmente, os tipos cruciformes (presentes na face adaxial de todas as espécies, porém na face abaxial não foi observado em *Saccharum* sp.2) e nodulares (presentes em ambas as faces epidérmicas em *S. villosum*, *S. asperum*, *S. angustifolium* e *S. ravennae* e na face abaxial de *Saccharum* sp.1) uma vez que o formato halteriforme é comum para todas as espécies estudadas.

De acordo com Santos et al. (2010) um outro caráter muito importante no diagnóstico das diferentes espécies são os diferentes arranjos que os corpos de sílica apresentam nas zonas foliares. Em relação à localização deste tipo celular, em todas as espécies foram observadas células silicificadas contínuas aos cordões de esclerênquima sob os feixes vasculares (zona costal) corroborando a Metcalfe (1960) para o gênero. O maior número de células silicificadas ocorreu na face abaxial da epiderme, possivelmente por conta das longas fileiras com mais de 60 células. Este resultado está de acordo com o citado por Naidoo et al. (2009); estes autores comentam que na face abaxial da epiderme de *S. officinarum* ocorre uma maior deposição de sílica em virtude do grande número de células silicificadas nesta face.

#### Células suberosas

Dentre os caracteres considerados taxonomicamente significativos para Poaceae por Metcalfe (1960) encontra-se o padrão de distribuição das células suberosas. Ellis (1979) cita que tais células podem ocorrer isoladas, aos pares, em pares sílico-suberosos na zona costal e intercostal da epiderme, podendo na zona costal, ainda, apresentar-se em longas fileiras de células curtas (suberosas e silicificadas) que se alternam. O mesmo autor cita que, geralmente, a morfologia das células suberosas costais é mais importante que as células suberosas intercostais, contudo, ambas podem ser examinadas. Para o trabalho este tipo celular foi avaliado em ambas as zonas; entretanto, apenas as células presentes na zona costal mostraram-se taxonomicamente importantes. Na zona intercostal elas mostram-se isoladas e mais raramente aos pares em todas as espécies. Diferindo assim de Ullah et al. (2011); estes autores citam que para Andropogoneae o arranjo das células curtas na zona intercostal é considerado taxonomicamente importante.

Observou-se que na zona costal de ambas as faces da epiderme células suberosas isoladas ocorrem em todas as espécies. Este tipo de arranjo também é comum em *E. hostii*, *S. officinarum*, *M. condensatus*, *I. cylindrica* (Metcalf 1960) e *S. spontaneum* (Ullah et al. 2011). O padrão de distribuição aos pares ou em pares sílico-suberosos também estão presentes em outras espécies do “complexo *Saccharum*” e em outras Andropogoneae (Metcalf 1960; Ullah et al. 2011), porém nas espécies analisadas mostram-se mais importantes taxonomicamente uma vez que ocorrem apenas em certas espécies. Para a face adaxial só não foi observado em *Saccharum* sp.1 e na face abaxial estão presentes apenas em *S. villosum*, *S. asperum*, *S. angustifolium* e *S. ravennae*.

É comum os autores citarem como longas fileiras de células curtas quando estas possuem acima de 5 células (Gould 1968; Metcalf 1960). Ao utilizar este padrão foi observado que não há distinção entre as espécies, porém ao aumentarmos para 60 células foi observado que as longas fileiras de células curtas da face abaxial de *S. ravennae* difere das espécies nativas, uma vez que esta espécie possui até 60 células. Mostrando que as longas fileiras da face abaxial podem ser usadas para separar esta espécie das demais.

Ellis (1979) cita que o contorno das células suberosas, assim como nas células longas, possui valor taxonômico. Células suberosas sinuosas foram descritas para outros gêneros de Panicoideae como *Panicum* (Morrone e Zuloaga 1991), *Chaetium* (Morrone et al. 1998) e *Zeugites* (Soriano et al. 2011), porém sem implicações taxonômicas. Nas espécies analisadas as células suberosas mostraram-se sinuosas ou lisas. Para ambas as zonas mostram-se sinuosos ou lisos em *S. villosum*, *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1, sinuosos apenas em *Saccharum* sp.2 e liso em *S. ravennae*. Para a face abaxial apresentou-se sinuoso ou liso em *S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 2 e na zona intercostal de *S. villosum* e *Saccharum* sp. 1, apenas sinuoso na zona costal de *S. villosum*, *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae* e apenas liso na zona intercostal de *S. ravennae*. Sendo, portanto, considerado que o contorno destas estruturas possui caráter taxonômico.

As células suberosas possuem paredes espessas e suberizadas além de, frequentemente, conterem sólidos orgânicos (Evert, 2006). Jones (2011) cita que a presença de suberina, que é hidrofóbica, provê uma proteção adicional contra a dessecação. Uma vez que a variação apresentada na distribuição dessas células entre as espécies não foi muito grande acredita-se que quanto maiores forem as células, maior será a proteção contra a perda de água. Neste sentido pode-se dizer que *Saccharum* sp. 1, seguido de *S. angustifolium* e *S. ravennae*, as duas primeiras foram coletadas em solo úmido e encharcado respectivamente

(ver capítulo 1) e a última na região da Palestina (acredita-se que em solos secos) confirmando assim com a função de proteção dada a esta estrutura. Desta forma, pode-se dizer que além de valor taxonômico este tipo celular possui função ecológica.

### Complexo estomático

Em Poaceae, os estômatos estão dispostos em fileiras e restritos à zona intercostal, sendo separados por células interestomáticas (Metcalf, 1960). Características do complexo estomático como: tamanho, distribuição, frequência e a classificação dos estômatos quanto ao formato das células subsidiárias, são comumente utilizadas na taxonomia de gramíneas, inclusive em nível específico (Metcalf 1960; Ellis 1979).

Os estômatos de todas as espécies mostraram-se paracíticos e com células guarda halteriforme, corroborando com Metcalf (1960), Mauseth (1988) e Willmer e Fricker (1996) para a família.

Em Poaceae a classificação dos estômatos também é realizada com base no formato das células subsidiárias e os tipos reconhecidos possuem importância taxonômica (Hilu e Wright 1982; Metcalf 1960; Ellis 1979). Ellis (1986) destaca que em Panicoideae os principais tipos de células subsidiárias encontradas apresentam o formato triangular e em cúpula. Metcalf (1960) relata que para *Imperata* e *Miscanthus* é principalmente triangular, acontecendo também em forma de cúpula, em *Miscanthidium* ocorre levemente triangular ou em forma de cúpula. Entretanto, para *Saccharum* e *Erianthus* o autor cita que são encontradas apenas células subsidiárias triangulares. Para as espécies nativas analisadas foram observados formatos triangulares e em cúpula, assim como apresentado por *Miscanthus* (Metcalf 1960; Watson e Dallwitz 1994), *Miscanthidium* (Metcalf 1960), *Saccharum* (Watson e Dallwitz 1994) e *S. bengalense* (Metcalf 1960). Quando aparece somente um tipo de formato é comum ser o triangular, apenas este tipo é relatado para *Imperata*, *Erianthus* (Syn. *Saccharum*) (Metcalf 1960; Watson e Dallwitz 1994), *S. officinarum* e *S. spontaneum* (Metcalf 1960). Diferindo, assim, do apresentado por *S. ravennae*, uma vez que esta espécie possui apenas o formato em cúpula, diferindo das espécies nativas.

Em outras família de monocotiledôneas destacam como importância taxonômica a posição dos estômatos em relação ao nível das demais células epidérmicas (Alves et al. 2002; Proença e Sajo 2007; Silva 2009); esta característica não se mostrou relevante para as espécies estudadas uma vez que, em secção transversal, os estômatos de todas as espécies

encontravam-se no mesmo nível das demais células epidérmicas. Pelegrin et al. (2009) citam que para *Briza* a distribuição dos estômatos na folha em uma ou ambas as faces epidérmicas também possui valor taxonômico, porém em *Saccharum* esta característica não se mostrou distintiva entre as espécies.

Folhas anfiestomáticas também foram relatadas em *S. officinarum* por García e Jauregui (2008) e em outras gramíneas como *Otachyrium* (Graciano-Ribeiro 2002), *Axonopus* (Silva e Alquini 2003), *Cympobogon* (Duarte e Zaneti 2004), *Filgueirasia* (Silva-filho 2006), *Bromus* (Carneiro et al. 2008), *Briza* (Pelegrin et al. 2009), entre outros. De acordo com Ellis (1979) e Fahn e Cutler (1992) esta característica é comum em plantas de ambiente xérico. A presença de folhas anfiestomáticas em plantas que se desenvolvem em locais brejosos, como as espécies de *Saccharum* coletadas, segundo Graciano-Ribeiro (2002), ocorre quando estas espécies se desenvolvem em ambientes marcados por um período de seca quando a disponibilidade hídrica é reduzida, justificando a presença de estômatos nas duas faces epidérmicas.

Foi possível distinguir as espécies que possuíam até três fileiras (para ambas as faces em *S. angustifolium* e *S. ravennae* e apenas para a face abaxial em *S. asperum* e *Saccharum* sp.1) e acima de três fileiras de estômatos (para ambas as faces em *S. villosum* e *Saccharum* sp.2 e apenas para a face adaxial em *S. asperum* e *Saccharum* sp.1). De acordo com Ellis (1979) e Santos et al. (2010) o número de fileiras de estômatos, em secção paradérmica, possui relevância taxonômica em Poaceae.

De acordo com a classificação de Santos et al. (2010), o tamanho dos estômatos de todas as espécies é considerado pequeno (< 90 µm) e corroboram os valores encontrados por Watson e Dallwitz (1994) e Ullah et al. (2011). Estes autores citam que em *Saccharum* o comprimento dos estômatos varia entre 28-45µm. Confirmando assim como observado nas espécies nativas analisadas, para a face adaxial os estômatos variaram entre 29.38 µm (*Saccharum* sp.2) e 41.03 µm (*Saccharum* sp.1) e para a face abaxial entre 29.76 µm (*Saccharum* sp.2) e 36.91 (*Saccharum* sp.1). *S. ravennae* apesar de possuir na face adaxial estômatos cujo tamanho está dentro do intervalo supracitado para o gênero, possui na face abaxial estômatos com 50.83 µm de comprimento, diferindo assim das espécies nativas.

Para as espécies de *Saccharum* analisadas o índice estomático mostrou-se bem distinto, podendo categorizá-lo em três grupos estatisticamente diferentes entre si: até 25, *S. angustifolium* (face adaxial) e *S. ravennae* (ambas as faces); entre 25-35, *S. asperum* e *Saccharum* sp. 2 (face adaxial) e *S. villosum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp.1 (ambas as

faces); e acima de 35 *S. asperum* e *Saccharum* sp.2 (face abaxial). O índice estomático é relativamente constante para cada espécie, e, portanto, com relevância taxonômica (Cutter 1986); o mesmo também se mostrou importante taxonomicamente nas espécies de *Saccharum* avaliadas.

A presença de câmara subestomática, formada pelo arranjo diferenciado das células parenquimáticas é semelhante ao que é descrito para *Bromus* (Carneiro et al. 2008), entretanto, esta estrutura não revela valor taxonômico.

A presença de estômatos que se alternam com uma célula interestomática é comum a 74% dos gêneros de Andropogoneae de acordo com Renvoize (1982). Observou-se, que a fileira de estômatos mais próxima as células buliformes em *S. angustifolium*, *Saccharum* sp.1 e *S. ravennae* ocorrência de células longas entre as células interestomáticas. Desta forma, denominou-se fileiras interrompidas para as espécies que possuíam tal característica, e fileiras contínuas as que não possuíam. Revelando, assim, caráter discriminativo da continuidade das fileiras de estômatos entre as espécies. Ellis (1979) cita que células interestomáticas infrequentes, com mais de 3 células longas entre os estômatos, pode ocorrer em algumas espécies e é considerado caráter taxonômico.

Para as células interestomáticas, Santos et al. (2010) utilizam os mesmos critérios de classificação usado nas células longas: formato, espessura e sinuosidade das parede celulares. Considerando estes critérios, para *Saccharum* houve diferença apenas na sinuosidade das paredes celulares, sendo estas sinuosas (ambas as faces de *S. asperum* e *Saccharum* sp.1 e face adaxial de *S. angustifolium*), levemente sinuosas (face adaxial e abaxial de todas as espécies, exceto na face abaxial de *Saccharum* sp.1) ou lisas (face adaxial e abaxial de *S. asperum* e *S. angustifolium* e face adaxial de *Saccharum* sp.2).

Contudo, observou-se que ao categorizar o comprimento das células interestomáticas (curto, médio ou longo) verificou-se que esta estrutura varia estatisticamente entre as espécies, e que poderia possuir valor taxonômico. Raole e Desai (2009) também encontraram diferenças no tamanho das células interestomáticas ao comparar 5 espécies de Andropogoneae, principalmente entre *Cymbopogon jwarancusa* (Jones.) Schult. (10-15 µm) e *Rottboelia exaltata* Linn.f. (27-30 µm). Tomlinson (1974) cita que o complexo estomático somente tem valor sistemático em combinação com outros caracteres e em grupos reconhecidamente naturais. A categorização do comprimento das células interestomáticas acrescentaria dados às classificações do complexo estomático e estariam de acordo com a citação de Tomlinson (1974). Acrescido deste dado foram utilizados, ao todo, 6 critérios de

classificação dos estômatos nas espécies de *Saccharum*: número de fileiras de estômatos, continuidade da fileira mais próxima às células buliformes, índice estomático, formato das células subsidiárias, comprimento e sinuosidade das células interestomáticas.

## Tricomas

De acordo com Metcalfe (1960) e Ellis (1979) existem 4 tipos de tricomas em Poaceae: macrotricomas, microtricomas, espinhos e ganchos. A presença ou ausência destas estruturas possuem relevância taxonômica. Ellis (1979) comenta que a distribuição e frequência dos macrotricomas possuem caráter informativo. Quanto à ocorrência, a maioria das espécies em estudo possui todos os tipos de tricomas descritos para a família.

A presença/tipo de macrotricomas é considerada por Ellis (1979) como critério taxonômico. Este tipo de tricoma foi observado em todas as espécies, porém de tipos diferentes. Podem ser longos como os tipos *cushion hair* ou sem célula especializada na base, ou curtos. Observou-se o tipo *cushion hair* na maioria das espécies, exceto *Saccharum* sp.2 e *S. ravennae*; macrotricomas longos sem células especializadas na base foram observados em *S. villosum* e em *Saccharum* sp. 2, sendo que nesta última só aparece este tipo de macrotricoma; macrotricomas curtos de base larga para a maioria das espécies na face adaxial e em *S. angustifolium* e *S. ravennae* para a face abaxial. Diferindo de Metcalfe (1960) que não verificou a presença de macrotricomas em *Saccharum*, *Erianthus*, *Imperata*, *Miscanthidium* e *Miscanthus*. Ainda sobre a presença de macrotricomas Ahmad et al. (2010) verificaram que a sua ocorrência na face adaxial da epiderme de *S. ravennae*, entretanto não menciona o tipo.

Em relação à frequência dos macrotricomas longos não foram observados em nenhuma das faces epidérmicas de *S. ravennae* e na face abaxial de *S. angustifolium*. Dada a variação nas frequências de macrotricomas nas espécies estudadas foi considerado este caractere com relevância taxonômica para as espécies nativas de *Saccharum*. Este tipo de tricoma foi abundante para ambas as faces de *S. villosum*, frequente para ambas as faces de *Saccharum* sp. 2 e para as demais espécies os macrotricomas mostraram-se mais frequentes na face adaxial. A presença de macrotricomas na face adaxial, como mostrou a maioria das espécies amostradas, também foi descrita para *S. bengalense* e *S. ravennae* (Ahmad et al. 2010); entretanto estes autores não citam o tipo de macrotricoma visualizado.

Os microtricomas são tricomas usualmente bicelulares com importante valor taxonômico (Tateoka et al. 1959; Metcalfe 1960; Ellis 1979; Hilu e Wright 1982). Em *Saccharum* apareceu em todas as espécies, porém variaram quanto à localização e tamanho das células. A presença de microtricomas em *Saccharum* e gêneros relacionados (*Erianthus*, *Imperata*, *Miscanthidium* e *Miscanthus*) foi relatado por Metcalfe (1960), Watson e Dallwitz (1994), García e Jáuregui (2008) e Ullah et al. (2011). Watson e Dallwitz (1994) citam que em Panicoideae microtricomas estão sempre presentes.

De acordo com Tateoka et al. (1959) dentre os tipos de microtricomas existem o tipo panicóide e cloridóide. O primeiro é alongado, caracterizado por uma célula distal longa e estreita e alta razão comprimento total/espessura. O segundo possui célula distal arredondada e baixa razão comprimento total/espessura. Para Ellis (1979) segue as mesmas classificações, porém sugere que a forma da célula distal é um caráter mais frágil e que as dimensões do comprimento e largura seriam características mais satisfatórias para a separação dos dois tipos. Segundo esta classificação as espécies nativas de *Saccharum* possuem microtricomas do tipo panicóide. Este tipo de microtricoma é referido por Ellis (1986) como característico de Panicoideae.

Considerando que um dos fatores de separação dos dois tipos é o comprimento das células basal e distal (Tateoka 1959), verificou-se, estatisticamente, qual destas células eram maiores ou se eram iguais em comprimento. Notou-se que *S. ravennae* é a única que possui célula basal maior que a distal e que na face abaxial de *S. angustifolium* os microtricomas possuíam célula basal e distal de comprimentos iguais; nas demais a célula distal é maior que basal. Comprimento de célula basal maior que a distal foi encontrada para *E. hostii* (Metcalfe 1960), Renvoize (1982) cita que esta característica é comum a 15% dos gêneros de Andropogoneae.

Pelo comprimento relativo das células basais e distais dos microtricomas em *S. ravennae* é possível que nesta espécie o microtricoma enquadra-se no tipo cloridóide proposto por Tateoka (1959). Apesar de raro é possível que mais de um tipo de microtricoma ocorra no mesmo gênero; em *Raddia* são relatados dois tipos de microtricomas (Oliveira et al. 2008). A possível ocorrência deste segundo tipo de microtricoma em *Saccharum* discorda da afirmação de Amarasinghe e Watson (1988 *apud* Vieira et al. 2002); estes autores comentam que espécies do mesmo gênero geralmente possuem o mesmo tipo de microtricoma.

De acordo com os valores utilizados por Metcalfe (1960) e Ullah et al. (2011) para delimitar os microtricomas de *Erianthus*, *Saccharum*, *Imperata*, *Miscanthidium* e *Miscanthus*.

Nota-se que apesar de pertencer à mesma subtribo, as espécies analisadas, no que se refere ao comprimento dos microtricomas, não se assemelham à *Miscanthidium* e *Miscanthus*. Estes dados reforçam a importância de utilizar o comprimento das células basal, distal e total dos microtricomas nos trabalhos de anatomia de gramíneas aplicada à taxonomia.

Quanto à localização dos microtricomas Santos et al. (2010) citam que, quando presentes, em Poaceae a maioria ocorre na zona intercostal. Esta afirmação está parcialmente de acordo com os dados apresentados uma vez que na face abaxial de *Saccharum* sp. 1 os microtricomas estão presentes apenas na zona costal. Para a face adaxial, as espécies nativas de *Saccharum* diferem de *S. ravennae* pela presença de microtricomas entre as células buliformes. Evidenciando que, mesmo na zona intercostal, pode haver diferenças na localização deste tipo de tricoma.

Espinhos na zona costal foram comuns a todas as espécies avaliadas corroborando a Metcalfe (1960) para *Erianthus*, *Miscanthus* e para *S. officinarum*. Elahi e Ashraf (2001) citam que espinhos podem estar presentes ou ausentes em variedades de *S. officinarum*, sendo caráter diferencial entre estas variedades. Ellis (1979) e Ullah et al. (2010) citam que a presença e distribuição dos espinhos podem ser importantes para identificação e diferenciação das espécies.

Os ganchos, assim como os demais tipos de tricomas, podem ser classificados quanto à presença e localização (Ellis 1979; Pelegrin et al. 2009; Santos et al. 2010). Eles estiveram presentes em todas as espécies avaliadas; a presença deste tipo de tricoma em *Erianthus*, *Saccharum* e *Miscanthus* é destacada por Metcalfe (1960). Contudo eles variaram quanto a localização; o mesmo foi observado em *Trisetum* (Torres e Engleman 1995), *Eragrostis* (Sánchez e Koch 1998) e *Briza* (Pelegrin et al. 2009). Para a zona intercostal da face adaxial da epiderme, assim como ocorre com os microtricomas, é comum a presença de ganchos entre as células buliformes, evidenciando que mesmo dentro de uma zona pode haver variações quanto à localização destas estruturas.

Graciano-Ribeiro (2002) reforça a importância das características apresentadas pelos tricomas para a taxonomia, porém cita que eles devem ser combinados com outros caracteres foliares para melhor distinguir as espécies.

## Papilas

As papilas são pequenas projeções da parede periclinal externa das células epidérmicas, com formas variadas. A sua função é controversa e para vários autores a sua importância é apenas taxonômica (Alquini et al. 2006). Em gramíneas a importância taxonômica das papilas é destacado por Metcalfe (1960), Gould (1968), Ellis (1979), Watson e Dallwitz (1994), Santos et al. (2010), Ullah et al. (2011) e Traiperm et al. (2011). Dentre os critérios de classificação destas estruturas pode-se citar a presença/localização e o tipo de organização.

Em Panicoideae as papilas podem estar presentes ou ausentes (Ellis 1986; Watson e Dallwitz 1994; Barker et al. 2001), sendo comuns em Andropogoneae (Renvoize 1982; Watson et al. 1985). De acordo com Watson e Dallwitz (1994) elas estão sempre presentes em *Miscanthus*, ausentes em *Imperata* e *Erianthus*, e podem estar presentes ou ausentes em *Saccharum*. Estes dados corroboram o apresentado, uma vez que só observaram-se papilas em *S. villosum*, *S. asperum* e *S. angustifolium*.

Dentro do grupo que apresentavam papilas, verificou-se diferença quanto à localização e formato das papilas. *S. asperum* difere das demais, pois possui papilas evidentes (grandes); Papilas pouco conspícuas como observado para *S. villosum* e *S. angustifolium*, foi observado por Oliveira et al. (2009) para *Raddia stolonifera* R.P. Oliveira & Longhi-Wagner. *S. villosum* e *S. asperum* apresentam papilas nas células longas intercostais e células interestomáticas diferindo de *S. angustifolium* que possui apenas nas células interestomáticas. A presença de papilas principalmente nas células interestomáticas difere do observado por Metcalfe (1960); para este autor as papilas ocorrem principalmente nas células longas intercostais.

## Mesofilo

*Saccharum* apresenta mesofilo homogêneo constituído dos dois tipos celulares (células clorênquimáticas e incolores) citado por Ellis (1976), ou seja, não há diferenciação entre parênquima paliçádico e lacunoso. Ellis (1976), Esau (1977) e Cutter (1987) referem-se a este padrão como típico em Poaceae.

Para as células do parênquima clorofiliano não houve diferença entre as espécies. Ellis (1986) cita que em Panicoideae as células do parênquima são raquimorfadas e exibem o padrão radiado, possuem anatomia Kranz e exibem padrão fotossintético C<sub>4</sub>, (raro C<sub>3</sub>). De acordo

com Watson e Dallwitz (1994) Andropogoneae exibe exclusivamente o padrão fotossintético C<sub>4</sub>, esse padrão foi observado nas espécies analisadas. De acordo com Metcalfe (1960) o padrão radiado ou em círculo parcial é comum em gramíneas tropicais e é referido como tipo panicóide.

Pelegrin et al. (2009) ressaltam que o arranjo das células parenquimáticas do mesofilo em compacto ou laxo possui caráter taxonômico. As espécies analisadas, entretanto, apresentaram apenas mesofilo compacto, corroborando à Colbert e Evert (1982); de acordo com Menezes et al. (2006) este é considerado um caráter xeromórfico. Quantitativamente, *S. angustifolium* apresentou mesofilo mais espesso (estatisticamente a *Saccharum* sp. 1) e lâmina foliar mais espessa, enquanto que *S. ravennae* mais estreito (estatisticamente igual as demais espécies) e com lâmina foliar mais estreita. Garzón e García (2011) citam que elevadas condições salinas aumenta a compactação do parênquima no mesofilo, o que justifica o resultado apresentado.

Todas as espécies possuem células incolores abaixo das células buliformes formando cordões de cada lado dos feixes vasculares, assim como as espécies de *Sacchaum* descritas por Artschwager (1925), Colbert e Evert (1982), Ahmad. et al. (2010) e Joarder et al. (2010). Este padrão também foi descrito para outras espécies de Panicoideae (Zuloaga et al. 2006; Alvarez et al. 2005; Guglieri et al. 2008; Ahmad et al. 2010).

Para as espécies avaliadas o tamanho e arranjo das células incolores mostraram valor taxonômico. Em relação ao tamanho, apenas *Saccharum* sp. 2, possui células incolores voltadas para ambas as faces epidérmicas estatisticamente iguais; nas demais espécies as células incolores da face adaxial são maiores que as da face abaxial. Quanto ao arranjo também formou-se dois grupos: com grande quantidade (*S. asperum*, *S. angustifolium* e *Saccharum* sp. 1) e pouca quantidade de células incolores na face adaxial (*S. villosum*, *Saccharum* sp. 2 e *S. ravennae*), desta forma corrobora com Ellis (1976). Este autor cita que o arranjo e tamanho destas estruturas constituem importantes caracteres taxonômicos, principalmente ao nível específico; entretanto, as espécies em estudos se mostraram semelhantes quanto à distribuição (acima dos feixes vasculares de 3º ordem) e forma (circulares); estas também são classificações citadas pelo autor como taxonômicos ao nível específico.

## Feixes vasculares da ala

Em Poaceae os feixes vasculares são divididos em três ordens baseados no calibre, número de elementos traqueais e presença de lacuna do protoxilema (Metcalf 1960; Ellis 1976; Cutler et al. 2011). Em todas as espécies ocorrem os três tipos de feixes; estas características também ocorrem em outros gêneros/espécies de Saccharineae como: *Miscanthus*, *Erianthus* (Metcalf 1960), *S. bengalense*, *S. spontaneum* (Metcalf 1960; Ahmad et al. 2010), *S. officinarum* (Artschwager 1925; Colbert e Evert 1982), *S. ravennae* e *I. cylindrica* (Ahmad et al. 2010). Renvoize (1982) cita que em Andropogoneae há feixes de 4ª ordem; entretanto, pelas características citadas, não há diferença para os feixes de 3ª ordem descritos por Metcalf (1960), Ellis (1976) e Cutler et al. (2011); desta forma optou-se por utilizar a denominação dos três primeiros autores.

Segundo Bowden (1964 *apud* Ellis 1976) o diâmetro dos feixes vasculares, para cada tipo de ordem, são estruturalmente diferentes. Graciano-Ribeiro (2002) cita que os diâmetros podem variar dentro de uma mesma ordem, podendo haver equivalência entre os diâmetros de feixes vasculares de tipos diferentes, e, portanto, não seria um caráter muito confiável. Para as espécies avaliadas de *Saccharum* apesar de haver equivalência entre os valores brutos de alguns feixes vasculares, estatisticamente, o comprimento e largura dos feixes de 1ª ordem são maiores que os de 2ª ordem e estes, por sua vez, maiores que os de 3ª ordem, corroborando assim com o primeiro autor.

O formato dos feixes vasculares de 1ª e 2ª ordens mostra-se variável entre as espécies analisadas, revelando valor taxonômico. Ellis (1976) destaca o valor taxonômico da forma dos feixes vasculares de Poaceae. Este caráter também foi importante para diferenciar espécies do “complexo *Muhlenbergia montana*” (Herrera-Arrieta e Grant 1994), *Otachyrium* (Graciano-Ribeiro 2002), além de melhor caracterizar *L. chrysothrix* e *T. leiostachya* (Alvarez et al. 2005). Feixes de 1ª ordem ligeiramente triangulares, como observados em *S. officinarum* por García e Jáuregui (2008), não foram visualizados nas espécies analisadas.

A localização dos feixes vasculares (1ª e 2ª ordens equidistantes e de 3ª voltados para a face abaxial sob as células buliformes) corroborou trabalhos de Colbert e Evert (1982), García e Jáuregui (2008) e Joarder et al. (2010) para *S. officinarum*.

O número de feixes vasculares entre dois feixes vasculares de 1ª ordem consecutivos também é um dos caracteres destacados por Ellis (1986) com importância taxonômica. Para o trabalho verificou-se que esta característica mostrou-se útil para diferenciar as espécies. Este

caráter também foi importante para distinguir *L. chrysothrix* de *T. leiostachya* (Alvarez et al. 2005). Colbert e Evert (1982) citam que o maior número de feixes vasculares está diretamente relacionado com a largura da folha; este fato está de acordo com as observações de campo uma vez que *Saccharum* sp. 1 era a espécie que possuía folhas mais largas e foi a única que apresentou mais de 12 feixes vasculares entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos.

Em gramíneas os feixes vasculares possuem uma ou duas bainhas. Quando possuem duas bainhas, a interna possui células pequenas e paredes fortemente espessadas, denominada bainha esclerenquimática, e a externa células grandes e paredes celulares usualmente finas, denominada de bainha parenquimática (Gould 1968). Para Brown (1958) Andropogoneae, Maydeae e algumas Paniceae possuem apenas uma bainha. De acordo com Metcalfe (1960) e Ellis (1986) feixes vasculares com apenas uma bainha são características de gramíneas panicóides, enquanto duas bainhas de gramíneas festucóides.

Contudo, as espécies analisadas de *Saccharum* possuem o tipo festucóide nos feixes de 1ª ordem e o tipo panicóide nos demais tipos de feixes vasculares. O padrão observado é semelhante a algumas espécies do gênero como *S. officinarum* (Metcalfe 1960); porém, segundo este autor, diverge de outras espécies do gênero e de *E. hostii* (syn. *S. strictum* (Host) Spreng) que possuem apenas a bainha externa nos feixes vasculares.

A bainha parenquimática do feixe pode ser completa ou incompleta (Metcalfe 1960; Ellis 1976). Entretanto, só ocorreu variação na continuidade da bainha nos feixes de 2ª ordem; os feixes de 1ª ordem mostraram-se sempre incompletos e os de 3ª ordem completos. Variação na extensão da bainha parenquimática também foi encontrada em *Otachyrium* (Graciano-Ribeiro 2002) e *Raddia* (Oliveira et al. 2008). A extensão de bainha parenquimática nos feixes de 2ª ordem foi evidenciado em *S. angustifolium* e *S. ravennae*; esta característica também foi considerada taxonômica para espécies de *Aniselytron* (Ma et al. 2005) e *Panicum* (Guglieri et al. 2008). Além do valor taxonômico, Esau (1977) ressalta que, além de papel mecânico de sustentação e proteção dos feixes vasculares, estas extensões facilitarão a distribuição da água dentro da folha.

Schweickerdt (1941 *apud* Ellis 1986) utiliza o número de células da bainha parenquimática para distinguir *Monelytrum* e *Tragus*. Para *Saccharum*, apesar da equivalência, pode-se distinguir claramente os feixes de 1ª, 2ª e 3ª ordens dentro de uma mesma espécie por esta característica; porém este caráter não foi útil para separar as espécies.

Em *Saccharum* o esclerênquima ocorreu quase que completamente associado aos feixes vasculares como extensões de bainha esclerenquimática, mais raramente na forma de

calotas e nos bordos; Ellis (1979) cita que esta é uma característica comum à folha de gramíneas. De acordo com Metcalfe (1960), Ellis (1979), Hulu e Wright (1982) e Watson e Dallwitz (1994) estas estruturas possuem importante valor taxonômico.

A presença e a distribuição (voltadas para face adaxial, abaxial ou ambas as faces epidérmicas) das fibras associadas aos feixes vasculares foram utilizadas na diferenciação de espécies de *Aniselytron* (Ma et al. 2005), *Panicum* (Guglieri et al. 2008), *Briza* (Pelegri et al. 2009) e *Saccharum* (Ahmah et al. 2010), este último estudo corrobora os dados apresentados para as espécies de *Saccharum* analisadas.

Para Metcalfe (1960) o número de camadas de fibras opostas aos feixes vasculares mostrou diferenças entre as espécies de Saccharineae; para as espécies estudadas ocorreu diferença apenas quanto ao número de camadas de fibras nos feixes de 1ª ordem (até 6 e a partir de 7 camadas).

A distribuição do esclerênquima também pode está associada a fatores ecológicos (Ellis 1976). Melo et al. (2007) citam que plantas sob deficiência hídrica apresentam menor espessura de fibras do feixe vascular. Entretanto, Metcalfe (1960) e Ellis (1976) comentam que em regiões áridas ocorrem grande desenvolvimento de tecido esclerenquimático e que existe uma alta proporção de feixes vasculares de 3ª ordem que não estão acompanhados pelo esclerênquima. Considerando apenas as espécies nativas, uma vez que se sabem as condições ambientais das populações coletadas, esta afirmação corrobora os resultados apresentados; visto que *S. angustifolium*, coletados em regiões mais secas, foi a que apresentou maiores espessuras de esclerênquima total para os três tipos de feixes vasculares.

Para *Saccharum* o formato das extensões esclerenquimáticas (em forma de cordão ou em “T”), nos feixes de 1ª e 2ª ordens, revelou valor discriminativo entre as espécies. Para Ellis (1976) esse caractere possui valor sistemático.

De acordo com Watson e Dallwitz (1994) Andropogoneae exibem exclusivamente o padrão fotossintético C<sub>4</sub>. Nelson (2011) cita que plantas C<sub>4</sub>, comparadas às plantas C<sub>3</sub>, exibem alta densidade de feixes vasculares e distâncias intervenal curta e com pouco número de células. Khalid (2004) relaciona melhorias fotossintéticas em plantas C<sub>4</sub> com a diminuição das distâncias intervenais.

De acordo com Alvarez et al. (2005) o número de células presentes na distância intervenal possui valor sistemático; o mesmo utilizou esta característica, dentre outras, para separar *L. chrysothrix* de *T. leiostachya*, espécies morfológicamente muito parecidas. Contudo, para as espécies estudadas, apesar de *S. ravennae* ter apresentado menor distância

intervenais não se mostrou diferente das demais espécies; foi considerado então que para as espécies analisadas este não é um critério útil taxonomicamente.

Akhtar et al. (2001) verificaram em diferentes genótipos de *S. officinarum* que, qualitativamente, menores distâncias intervenais ocorrem em plantas expostas a solos salinos. Corroborando, assim, com dados apresentados uma vez que *S. ravennae* desenvolvida nas proximidades do mar morto apresentou as menores distâncias intervenais e estatisticamente diferente das espécies nativas.

Em relação ao diâmetro dos elementos de vaso, nas espécies analisadas, eles são considerados muito pequenos segundo a classificação de Feldato et al. (1989); entretanto diferem estatisticamente entre si. Os maiores são encontrados em *Saccharum* sp. 1 e menores em *S. villosum* e *S. ravennae*.

Melo et al. (2007), estudando *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L., verificaram a diminuição do diâmetro do metaxilema nas condições de deficiência hídrica tanto em folhas quanto em raízes; o mesmo efeito foi observado para *Paspalum dilatatum* Poir. quando submetido a estresse por seca (Vasellati et al. 2001). Segundo Passioura (1982 *apud* Melo et al. 2007) a redução no diâmetro do metaxilema é uma resposta comum em plantas submetidas a condições de estresse, principalmente em relação à deficiência hídrica. Elementos de vaso com menores diâmetros são menos propensos à cavitação do que elementos de vaso com maiores diâmetros (Hacke e Sperry 2001). Carlquist (2001) ainda afirma que as diferenças no diâmetro dos vasos possuem valor adaptativo, uma vez que espécies provenientes de ambientes secos têm vasos mais estreitos que espécies provenientes de locais úmidos.

Esta característica de elementos de vasos pequenos em plantas que se desenvolvem em locais brejosos, assim como a presença de folhas anfiestomáticas, talvez ocorra por o local em que estas plantas se desenvolvem são marcados por um período de seca quando a disponibilidade hídrica é reduzida.

## Bordos

A região marginal da lâmina foliar mostrou diferenças anatômicas entre as espécies de *Saccharum*. O caráter taxonômico desta região foi destacado por Ellis (1976), Aliscioni (2000), Alves et al. (2002), Alvarez et al. (2005), Ma et al. (2005), Oliveira et al. (2009), Ahmad et al. (2010) e Hefler e Longhi-Wagner (2010).

A estrutura do esclerênquima (Ellis 1986; Traiperm et al. 2011), a distribuição dos feixes vasculares (Aliscioni 2000; Hefler e Longhi-Wagner 2010) e o formato do bordo (Ellis 1986; Alves et al. 2002; Hefler e Longhi-Wagner 2010) possuem valor taxonômico. Critérios também verificados para as espécies de *Saccharum*.

A deposição de esclerênquima na margem é encontrada em todas as espécies, confirmando com o apresentado por *S. spontaneum* (Ahmad et al. 2010).

Em relação à estrutura do esclerênquima foi observada a posição da calota de fibras na extremidade do bordo; desta forma identificaram-se três posições: central, voltada para a face adaxial ou voltada para a face abaxial. Por este critério *S. villosum*, *S. asperum* e *S. angustifolium* possuíram mais de um formato para cada bordo; como as populações coletadas destas espécies foram obtidas em locais bem distintos, diferente das demais populações, é possível que esta característica, além de taxonômica, esteja relacionada com a plasticidade fenotípica da espécie.

Em *Paspalum*, Aliscioni (2000) cita que existem diferenças entre o contorno dos bordos em reto ou ligeiramente involuto. Nas espécies estudadas ocorreu diferença em um dos bordos em reto (ou linear) ou revoluto; este último tipo apareceu somente em *S. ravennae*, evidenciado como mais uma diferença das espécies nativas e o grupo externo.

De acordo com Ma et al. (2005) a quantidade de fibras na extremidade pode ser útil para a taxonomia; segundo este critério os autores dividiram as espécies de *Aniselytron* em três classes: ausentes de esclerênquima, com pouca quantidade e com muita quantidade. Para *Briza* como apresentaram cordão de esclerênquima em todas as espécies Oliveira et al. (2009) dividiu em apenas duas classes; entretanto estes autores, diferente do primeiro trabalho, usaram como critério de separação o número de camadas de fibras, considerando com pouca quantidade até 10 camadas e muita quantidade acima deste valor. Este mesmo critério foi utilizado nas espécies de *Saccharum*, mostrando diferenças entre as espécies. Apenas *Saccharum* sp.1 e *S. ravennae* possuíram acima de 10 camadas de fibras; as demais espécies até 10 camadas.

Sob o último feixe vascular em algumas espécies foram encontradas calotas de fibras; esta característica mostrou-se distintiva entre as espécies, corroborando a Ellis (1986) que cita que calota de fibras pode estar presente em algumas espécies possuindo caráter taxonômico.

Artschwager (1925) comenta a presença de bordos serrados em *S. officinarum*, variedade roxa de Louisiana; característica semelhante foi observada por Ehahi e Ashraf

(2001) para outras variedades da mesma espécie. Metcalfe (1960) relata espinhos nos bordos para *E. hostii* e *S. bengalense*.

Baseado no grau de como estão dispostos os espinhos na margem Wu (1962) classificou Bambusae em cinco tipos: ambas as margens inteiras (sem espinhos), uma margem inteira e a outra com espinhos, ambas as margens com poucos espinhos, uma margem com poucos espinhos e a outra com muitos, ambas as margens com muitos espinhos. Para *Saccharum*, em vista frontal, ambos os bordos possuíam espinhos e variaram quanto à distância dos mesmos, podendo estes espinhos estar muito próximos ou próximos, o equivalente a “muitos espinhos” pela classificação supracitada, ou estarem distantes entre si, o equivalente a “poucos espinhos”. Este caráter, assim como em Bambusae (Wu 1962), mostrou-se importante para separar as espécies, porém optou-se por usar a distância dos espinhos em vez da quantidade devido a grande variação ocorrida nas distâncias.

O número de fileiras de tricomas na região dos bordos, em vista frontal, foi utilizado por Alvarez et al. (2005) para separar *L. chrysothrix* de *T. leiostachya*. Este critério também foi importante para dividir as espécies, apesar de não separar bem as espécies nativas do grupo externo, pode separar os indivíduos em três grupos: *S. asperum*, que possuía mais de uma fileira de espinhos nos dois bordos, *S. villosum*, *S. angustifolium*, *Saccharum* sp. 1 e *S. ravennae*, que possuem mais de uma fileira em apenas um dos bordo e *Saccharum* sp. 2 que possuía apenas uma fileira de espinhos nos dois bordos.

Acrescidos destes caracteres para *Saccharum* ainda foram considerados taxonômicos os tamanhos dos espinhos em curtos, médios e longos, mostrando a variedade deste tipo de estrutura nos bordos e a presença de macrotricomas. Verificando que a região do bordo fornece importantes caracteres discriminativos para o gênero, totalizando entre transversais e em vista frontal, dez caracteres distintivos entre as espécies analisadas.

Para Cutler et al. (2011) a presença de denticões nos bordos tem efeitos marcantes na redução da turbulência do fluxo de ar; os autores consideram que elas auxiliam a manutenção da integridade das margens das folhas durante os ventos fortes. Desta forma estas estruturas tornam-se importantes para a proteção da folha de *Saccharum*, uma vez que estas plantas se desenvolvem em locais abertos, onde estão mais sujeitas a ação de ventos fortes do que plantas que se desenvolvem em regiões fechadas.

## Nervura central

Caracteres estruturais da nervura central, em secção transversal, são destacados por Metcalfe (1960), Colbert e Evert (1982), Hilu e Wright (1982), Oliveira et al. (2008), Silva e Alquini (2003) e Joarder et al. (2010).

Metcalfe (1960) cita que a presença e o formato da nervura central exibem características relevantes para a taxonomia. Todas as espécies analisadas possuem nervura central saliente, corroborando dados de Metcalfe (1960), Colbert e Evert (1982) e Joarder et al. (2010) para *Saccharum* e gêneros relacionados (*Erianthus*, *Imperata* e *Miscanthus*).

Entretanto, as espécies estudadas mostram nervuras centrais de formatos diferentes: plano-convexo, côncavo-convexo ou ambos. O formato na nervura central também foi útil para distinção de bambus herbáceos (Vieira et al. 2002), *Raddia* (Oliveira et al. 2008), *Bromus* (Ghahreman et al. 2006) e de gêneros de *Ischaeminae* (Traiperm et al. 2011).

Artschwager (1925), Colbert e Evert (1982) e Joarder et al. (2010) citam que a região central da nervura central de *S. officinarum* é ocupada por uma grande região de células incolores. O mesmo ocorre com *I. cylindrica*, *S. ravennae* e *S. spontaneum* (Ahmad et al. 2010). Grandes células incolores também ocorrem na região central das espécies estudadas, exibem morfologia semelhante, entretanto varia o número de camadas, sendo possível distinguir dois grupos: os que possuem até 14 camadas (espécies nativas) e a partir de 15 camadas de células incolores (*S. ravennae*). Mostrando que o número de camadas das células incolores da nervura central possui valor taxonômico para o grupo, Oliveira et al. (2008) e Guglieri et al. (2008) também utilizam este critério para separar espécies de *Raddia* e *Panicum*, respectivamente. Oliveira et al. (2008) ainda citam que a quantidade de células incolores que ocorre nesta região definem a forma da nervura central, além de torná-la mais proeminente para uma das faces, o que é visualizado externamente como uma saliência.

Artschwager (1925), Colbert e Evert (1982) e Joarder et al. (2010) comentam que os feixes vasculares de *S. officinarum* estão voltados para a face abaxial da epiderme; este resultado também foi relatado para *Saccharum* e outros gêneros de *Saccharinae* por Metcalfe (1960) corroborando o apresentado pelas espécies estudadas. Metcalfe (1960) destaca a variação no número de feixes vasculares presente no grupo, *E. hostii*, por exemplo, possui apenas 7 feixes vasculares enquanto que *S. bengalense* cerca de 26 feixes. Hilu e Wright (1982), Traiperm et al. (2011) também destacam este caráter com importância taxonômica.

Para as espécies nativas e *S. ravennae* foi possível separar em 2 grupos: poucos feixes vasculares (até 20 feixes) e muitos feixes vasculares (a partir de 21 feixes). Contudo, *S. asperum* apresentou populações que estavam nitidamente dentro do primeiro grupo possuindo entre 7-17 feixes e outras que estavam dentro do segundo grupo contendo, na nervura central, entre 25-33 feixes; por esta razão foi considerado como uma espécie que apresenta número variável de feixes vasculares. O número de feixes vasculares de *S. angustifolium* também mostrou-se variável; entretanto com populações de 11-23 feixes e 18-30 feixes, observa-se que apesar das equivalências a quantidade apresentada pela espécie ultrapassou pouco o número de separação estipulado (20 feixes). Apesar desta variação apresentada por *S. asperum* e *S. angustifolium*, este caráter se mostrou confiável para separar as espécies estudadas.

Ainda sobre os feixes vasculares, caracteres como formato (Ellis 1976; Herrera-Arrieta e Grant 1994; Alvarez et al. 2005), continuidade da bainha parenquimática (Metcalf 1960; Ellis 1976; Graciano-Ribeiro 2002; Ma et al. 2005; Guglieri et al. 2008; Oliveira et al. 2009) e número de camadas das extensões esclerenquimáticas (Metcalf 1960) são descritos como taxonômicos para a ala, também se mostram relevantes na nervura central.

Em secção paradérmica, a nervura central também mostrou variações estruturais. Para a face adaxial da nervura central foi verificado diferenças na presença de estômatos, formatos das células silicificadas e tipos de tricomas na região marginal e central da mesma. Diversos autores destacam o relevante caráter taxonômico destas estruturas na ala (Hilu e Wright 1982; Tateoka et al. 1959; Metcalf 1960; Ellis 1976, 1979, 1986; Watson e Dallwitz 1994; Torres e Engleman 1995; Zulcol 2000; Giraldo-Cañas 2001; Graciano-Ribeiro 2002; Prychid et al. 2004; Guevara e Rámia 2007; Pelegrin et al. 2009; Ahmad et al. 2010; Santos et al. 2010), porém não citam tais características para a nervura central. Para as espécies de *Saccharum* foi observado que a face adaxial da nervura central mostrou grande variação, em relação às características supracitadas. Para a região marginal, os tipos de tricomas foi o principal caráter diferencial entre as espécies. Enquanto a região central mostrou diferenças na presença de estômatos e tricomas, além do tipo e frequência das células silicificadas. Estas características, então, devem ser consideradas com importância taxonômica para o gênero.

A face abaxial da nervura central, apesar da semelhança com a face abaxial da ala, mostrou distribuição de tricomas diferente em *S. asperum* e *Saccharum* sp. 1. Como relatado, os tricomas possuem importante valor sistemático (Tateoka et al. 1959; Metcalf 1960; Ellis 1979; Hilu e Wright 1982; Elahi e Ashraf 2001; Graciano-Ribeiro 2002; Pelegrin et al. 2009;

Santos et al. 2010; Ullah et al. 2010), a variação apresentada nestas duas espécies reforça a importância dos tricomas na diferenciação das espécies de *Saccharum*.

Em *S. angustifolium* os estômatos estão em sulcos e protegidos por ganchos; estas características são comumente encontradas em plantas de habitat xerofítico (Fahn e Cutler 1992; Menezes et al. 2006), vale lembrar que esta planta foi coletada em regiões secas o que justifica a presença desta característica, mesmo que seja somente na nervura central.

#### Análises multivariadas

Pela análise de agrupamentos e PCA observa-se que as espécies nativas são, anatomicamente, distintas de *S. ravennae*, coletada na região da Palestina. De acordo com Filgueiras (2003) estas espécies pertencem a subgêneros diferentes; *S. ravennae* está incluída em *Saccharum* subgen. *Saccharum*, enquanto as espécies nativas descritas pertencem a *Saccharum* subgen. *Erianthus*. A proximidade anatômica de *Saccharum* sp. 1 e *Saccharum* sp. 2 das demais espécies nativas leva a crer que estas também pertencem ao subgênero *Erianthus*. As características que distingue *S. ravennae* das espécies nativas, possivelmente sejam comuns a outras espécies de *Saccharum* subgen. *Saccharum*.

Cheavegatti-Gianotto et al. (2011) citam que *Saccharum* possui dois centros de diversidade: um centro americano e outro asiático. O que talvez justifique a distinção entre os dois subgêneros.

Quantitativamente, observa-se que *S. ravennae* distingue-se das demais principalmente pelas características da face abaxial da ala. Para esta face ela possui, estatisticamente, a maior área estomática e o menor índice estomático, além dos maiores valores de células curtas (suberosas e silicificadas), longas e microtricomas. É possível que os menores valores dos índices estomáticos seja uma resposta a elevada área estomática, e que, portanto, também seja uma característica distintiva. Grandes índices estomáticos e comprimento reduzido de estômatos é uma característica de plantas de ambiente seco (Menezes et al. 2006) ou salino (García e Jáuregui 2008). Medri e Lleras (1980 *apud* Elias et al. 2003) citam que em condições xéricas, as trocas gasosas ocorrem mais eficientemente quanto maior for a área estomática, uma vez que a folha necessita aproveitar o tempo limitado de alta umidade relativa. Os demais caracteres podem ser considerados com importância taxonômica.

Nota-se, então, pela PCA, que as principais características quantitativas responsáveis pela separação de *S. ravennae* das espécies nativas são os dados da face abaxial. Esta face da

epiderme é destacada por Metcalfe (1960) e Watson e Dallwitz (1994), possivelmente por ser a face que menos sofre ações devido às condições ambientais.

Para as espécies nativas, nota-se que as espécies já descritas possuem similaridade de 59,7%. Revelando que elas são, anatomicamente, muito próximas. Hodkinson et al. (2002), citam que a taxonomia do “complexo *Saccharum*” é confusa, uma vez que podem ocorrer híbridos interespecíficos e intergenéricos. É possível que, além da possível formação de híbridos naturais entre *S. villosum* e *S. angustifolium* (Welker e Longhi-Wagner, 2012), ocorra também entre *S. villosum* e *S. asperum* justificando o maior número de características em comum apresentado por estas espécies uma vez que estas estão sujeitas às mesmas condições ambientais e distribuição (Filgueiras e Welker, 2012). Sendo *S. angustifolium* a espécie que mais compartilha características em comuns as outras duas, portanto, localiza-se mais próximo destas.

Ao todo se verificou que, qualitativamente, existem 72 estados de caracteres distribuídos em 36 caracteres distintivos entre as espécies. Mas em geral, as espécies apresentaram poucos caracteres exclusivos, dos quais em secção transversal (da ala e nervura central) e da região abaxial da ala totalizaram 25 caracteres distintivos, sendo 15 para a secção transversal e 9 para a face abaxial da ala. Estas regiões mostram-se mais importantes para separar as espécies. A face adaxial da epiderme, vista frontal dos bordos e da nervura central (face adaxial e abaxial) apresentaram quatro características que se mostraram distintivas cada uma; entretanto, proporcionalmente ao número de caracteres avaliados para estas regiões, a face adaxial da ala mostrou grande importância.

Para os dados quantitativos a PCA demonstrou que, morfológicamente, a face abaxial da epiderme possui maior importância taxonômica que a face adaxial (Metcalfe, 1960; Watson e Dallwitz, 1994). Estes autores também destacam o uso das características em secção transversal nos trabalhos de anatomia taxonômica, corroborando os dados apresentados em que esta região apresentou grande importância com relação às características distintivas entre as espécies. Acrescenta-se ainda a utilização dos dados de vista frontal dos bordos e da nervura central, que proporcionalmente apresentaram 50% e aproximadamente 30% caracteres distintivos entre as espécies.

Nos trabalhos de taxonomia para as espécies nativas de *Saccharum* (Neves e Zanin, 2011; Welker e Longhi-Wagner, 2012) citam que a pilosidade das espiguetas aproximam *S. angustifolium* e *S. villosum*, entretanto a análise anatômica da lâmina foliar revelou que *S. asperum* é mais próximo de *S. villosum* que *S. angustifolium*.

Dentre os caracteres que aproximam estas duas espécies estão: o padrão de organização das células curtas (suberosas e silicificadas) da zona costal da face abaxial da epiderme e da região central da face adaxial da nervura central; e a distribuição dos tricomas na zona intercostal da face abaxial da ala e da nervura central, nos bordos (em vista frontal) e da região marginal da face adaxial da nervura central. A importância das células silicificadas (Metcalf 1960; Ellis 1979; Piperno e Pearsall, 1998; Zulcol 2000; Giraldo-Cañas 2001; Prychid et al. 2004; Guevara e Rámia 2007; Pelegrin et al. 2009; Santos et al. 2010) e dos tricomas (Tateoka et al. 1959; Metcalf 1960; Ellis 1979; Hilu e Wright 1982; Santos et al. 2010) tem sido tradicionalmente utilizada na taxonomia de gramíneas; porém a observação destas estruturas na nervura central tem sido mais rara. Para as espécies analisadas, as observações de tais características na nervura central mostraram importância taxonômica.

Os caracteres distintivos apresentados pela PCA para as espécies nativas como: alturas das células interestomáticas (Ellis 1976), índice estomático (Cutter 1986), comprimentos das células longas (Ellis 1979), interestomáticas (Santos et al. 2010) e microtricomas (Tateoka et al. 1959), além da frequência dos macrotricomas (Ellis 1979), já foram citados com importância taxonômica. Tais caracteres também mostram-se importantes para melhor delimitação das espécies de *Saccharum*, ressaltando assim a importância de apresentar dados quantitativos para anatomia taxonômica.

Outros caracteres como: altura das células epidérmicas (Fahn e Cutler 1992; Melo et al. 2007), espessuras da lâmina foliar (Melo et al. 2007; García e Jáuregui 2008), cutícula (Cutler et al. 2011), bainha esclerenquimática (Metcalf 1960; Ellis 1976; Paciullo et al. 2002) e diâmetro do elemento de vaso do metaxilema (Melo et al. 2007) podem auxiliar a compreender o local de ocorrência da planta e, assim, ajudar a aproximar ou separar as espécies por suas características adaptativas e pelo habitat.

Dickison (2000) cita que as características adaptativas são hereditárias e podem ser especializadas quando estas referem-se a um grupo particular de aspectos ambientais, ou generalizadas se eles representam especializações de mais de um fator ambiental. Neste aspecto, observa-se que a baixa disponibilidade hídrica causa grandes variações das características anatômicas em secção transversal, tais como: espessura da lâmina foliar, face adaxial da epiderme, cutícula, das extensões esclerenquimáticas, células incolores abaxiais, distância intervenal, e poucas variações na estrutura da epiderme em secção paradérmica, como variações no comprimento dos microtricomas da face adaxial, como observado em *S. angustifolium*, coletadas em ambientes mais secos. Por outro lado, espécies que se

desenvolvem em locais com boa disponibilidade hídrica, como *S. villosum*, *S. asperum* e *Saccharum* sp. 2 (ver capítulo 1), possuem poucas alterações quantitativas significativas. As características de habitat e os efeitos das características ambientais sobre as espécies, por sua vez, são importantes para compreender a distribuição geográfica das mesmas (Dupré e Ehlén 2002).

## Referências bibliográficas

- Ahmad F, Khan MA, Ahmad M, Zafar M, Arshad M, Khan A, Shah GM, Awan MR (2010) Taxonomic utilization of anatomical characters in tribe Andropogoneae (Poaceae) based on transverse sections of leaves. *J Med Plants Res* 4(14):1349-1358
- Akhtar S, Wahid A, Akram M, Rasul E (2001) Some growth, photosynthetic and anatomical attributes of sugarcane genotypes under NaCl salinity. *Int J Agric & Biol* 3(4):439-443
- Aliscioni SS (2000) Anatomía ecológica de algunas especies del género *Paspalum* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae). *Darwiniana* 38(3-4):187-207
- Alquini Y, Bona C, Boeger MRT, Costa CG, Barros CF (2006) Epiderme. In: Appezzato-da-Glória B, Carmello-Guerreiro SM (ed) *Anatomia vegetal*, 2 ed. Editora UFV, Viçosa-MG, pp 87-108
- Alvarez JM, Rocha JF, Machado SR (2005) Estrutura foliar de *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert e *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae). *Rev Bras Bot* 28(1): 23-37
- Alves MV, Estelita MEM, Wanderley MGL, Thomas WW (2002) Aplicações taxonômicas da anatomia foliar das espécies brasileiras de *Hypolytrum* Rich. (Cyperaceae). *Rev Bras Bot* 25(1):1-9
- Artschwager E (1925) Anatomy of vegetative organs of sugar cane. *J Agric Res* 30(3):197-241
- Artschwager E (1940) Morphology of the vegetative organs of sugarcane. *J Agric Res* 60(8):505-549
- Ayres M, Ayres-Júnior M, Ayres DL, Santos AS (2007) *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*, 5 ed. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Belém
- Barker NP, Clark LG, Davis JI, Duvall MR, Guala GF, Hsiao C, Kellogg EA, Linder HP (2001) Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). *Ann Mo Bot Gard* 88(3):373-457

- Bozzola JJ, Russel LD (1992) Electron microscopy: principles and techniques for biologist. Jones & Bartlett Publisher, Boston
- Brown WV (1958) Leaf anatomy in grass systematics. Bot Gaz 119(3):170-178
- Carlquist S (2001) Comparative wood anatomy: Systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. 2ed. Springer, Berlin
- Carneiro CM, Bordignon MV, Scheffer-Basso SM, Dall'Agnol M (2008) Caracterização anatômica da lâmina foliar de populações de *Bromus auleticus* Trin. Ex Nees (Poaceae). Biotemas 21(3):23-29
- Cavalcante PB (1968) Contribuição aos estudos de corpos silicosos das gramíneas amazônicas. Bul Mus Para Emílio Goeldi 30:1-11
- Cheavegatti-Gianotto A, Abreu HMC, Arruda P, Bessalho-Filho JC, Burnquist WL, Creste S, Ciero LD, Ferro JA, Filgueira AVO, Filgueiras TS, Grossi-de-Sá MF, Guzzo EC, Hoffmann HP, Landell MGA, Macedo N, Matsuoaka S, Reinach FC, Romano E, Silva WJ, Silva-Filho MC, Ulian EC (2011) Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. Trop Plant Biol 4:62–89
- Colbert JT, Evert RF (1982) Leaf vasculature in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Planta 156:136-151
- Cotthem WRJ (1970) A classification of stomatal types. Bot J Linn Soc 63(3):235-246
- Cutler DC, Botha T, Sreveson DW (2011) Anatomia vegetal: uma abordagem aplicada. Artmed, Porto Alegre
- Cutter EG (1986) Anatomia vegetal parte I: células e tecidos. 2. ed. Roca, São Paulo
- Denham SS (2005) Revisión Sistemática del Subgénero *Harpostachys* de *Paspalum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). Ann Mo Bot Gard 92(4):463-532
- Dickison WC (2000) Integrative plant anatomy. Academic, New York
- Duarte MR, Zaneti CC (2004) Estudo farmacobotânico de folhas de capim-limão: *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, Poaceae. Visão Acad 5(2):117-124
- Dupré C, Ehrlén J (2002) Habitat configuration, species traits and plant distributions. J Ecol 90(5):796-805
- Elahi NN, Ashraf M (2001) A comparative study of the morphological characters of six sugarcane varieties. Pak J Bot 33(special issue):503-516

- Elias SRM, Assis SM, Stacciarini-Seraphin E, Rezende MH (2003) Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. (Solanaceae). *Rev Bras Bot* 26(2):169-174
- Ellis RP (1976) A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in Poaceae. I. The leaf-blade as viewed in transverse section. *Bothalia* 12(1): 65-69
- Ellis RP (1979) A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in Poaceae. II. The epidermis as seen in surface view. *Bothalia* 12(4): 641-671
- Ellis RP (1986) A review of comparative leaf blade anatomy in systematic of the Poaceae: The past twenty-five years. In: Sodestrom TR, Hilu KH, Campbell CS, Barkworth ME (ed) *Grass systematics and evolution*, Smithsonian Institution Press, Washington-DC, pp 3-10.
- Esau K (1977) *Anatomy of seed plants*. 2 ed. John Wiley and sons, New York
- Evert, RF (2006) *Esaú's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body – Their structure, function and development*. A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Jersey
- Fahn A, Cutler DF (1992) *Xerophytes*. Gebüder Borntraeger, Berlin
- Fedalto LC, Mendes ICA, Coradin VTR (1989) *Madeiras da Amazônia: descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na Floresta Nacional dos Tapajós*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Brasília
- Ferreira EA, Demuner AJ, Silva AA, Santos JB, Ventrella MC, Marques AE, Procópio SO (2005) Composição química da cera epicuticular e caracterização da Superfície foliar em genótipos de cana-de-açúcar. *Planta Daninha* 23(4): 611-619
- Ferreira EA, Ventrella MC, Santos JB, Barbosa MHP, Silva AA, Procópio SO, Silva EAM (2007) Leaf blade quantitative anatomy of sugarcane cultivars and clones. *Planta Daninha* 25(1): 25-34
- Filgueiras TS (2003) *Saccharum* L.. In: Zuloaga FO, Morrone O, Davidse G, Filgueiras TS, Peterson PM, Soreng RJ, Judziewicz EJ (ed) *Catalogue of New World Grasses (Poaceae): III. Subfamilies Panicoideae, Aristidoideae, Arundinoideae, and Danthonioideae*. *Smithson Inst, Contr US Natl Herb* 46: 550–557
- Filgueiras TS, Welker CAD (2012). *Saccharum* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB013568> Acessado em 4 de Junho de 2012

- García M, Jáuregui D (2008) Efecto de la salinización con NaCl o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sobre la anatomía foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con tolerancia salina diferencial. *Ernstia* 18(1):89-105
- Garzón P, García M (2011) Efecto del estrés por NaCl sobre la anatomía radical y foliar en dos genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Bioagro* 23(3):153-160
- Gennaro D (2011) Revisión del género *Sacciolepis* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae) en sus aspectos taxonómicos, histofoliareos y filogenéticos. Tesis, Universidad de Buenos Aires
- Ghahreman A, Alemi M, Attar F, Hamzeh'ee B., Columbus JT (2006) Anatomical studies in some species of *Bromus* L. (Poaceae) in Iran. *Iran J Bot* 12(1):1-14
- Giraldo-Cañas D (2001) Estudios micromorfológicos y anatômicos en el género neotropical *Axonopus* (Poaceae: Paniceae). I. Epidermis foliar. *Caldasia* 23(1):119-133
- Giussani LM, Cota-Sanchez H, Zuloaga FO, Kellogg EA (2001) A molecular phylogeny of the grass subfamily Panicoideae (Poaceae) shows multiple origins of C<sub>4</sub> photosynthesis. *Amer J Bot* 88(11):1993–2012
- Gönüz A, Özörgücü B (1999) An Investigation on the Morphology, Anatomy and Ecology of *Origanum onites* L. *Tr. J. of Botany*, 23:19-32
- Gould FW (1968) Grass systematics. McGraw-Hill Book Company, New York
- Graciano-Ribeiro D (2002) Caracteres anatômicos aplicados à taxonomia e variações ambientais das espécies de *Otachyrium* da América do Sul. Tese, Universidade de São Paulo
- Graciano-Ribeiro D, Filgueiras TS, Gonçalves APS (2006) Roteiro mínimo para estudo anatômico dos Bambus (Poaceae:Bambusoideae). In: Almeida JG, Teixeira AA (ed) *Anais do I Seminário Nacional do Bambu: estruturação da rede de pesquisa e desenvolvimento*, 2 ed. Rede Brasileira do Bambu, Brasília, pp 69-74
- Grassl CO (1971) Taxonomy of *Saccharum* relatives: *Sclerostachya*, *Narenga* and *Erianthus*. *Proc ISSCT* 14:240–248
- Guevara LI, Ramia M (2007) Anatomía foliar de *Panicum* L., sección Parvifolia (Poaceae, Paniceae) en Venezuela. *Rodriguésia* 58(1):73-83
- Guglieri A, Longhi-Wagner HM, Zuloaga FO (2008) Anatomia foliar das espécies de *Panicum* L. subg. *Panicum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae) ocorrentes no Brasil. *Iheringia-Sér Bot* 63(2):279-293
- Hacke UG, Sperry JS (2001) Functional and ecological xylem anatomy. *Perspect in Plant Ecol Evol and Syst* 4(2):97–115

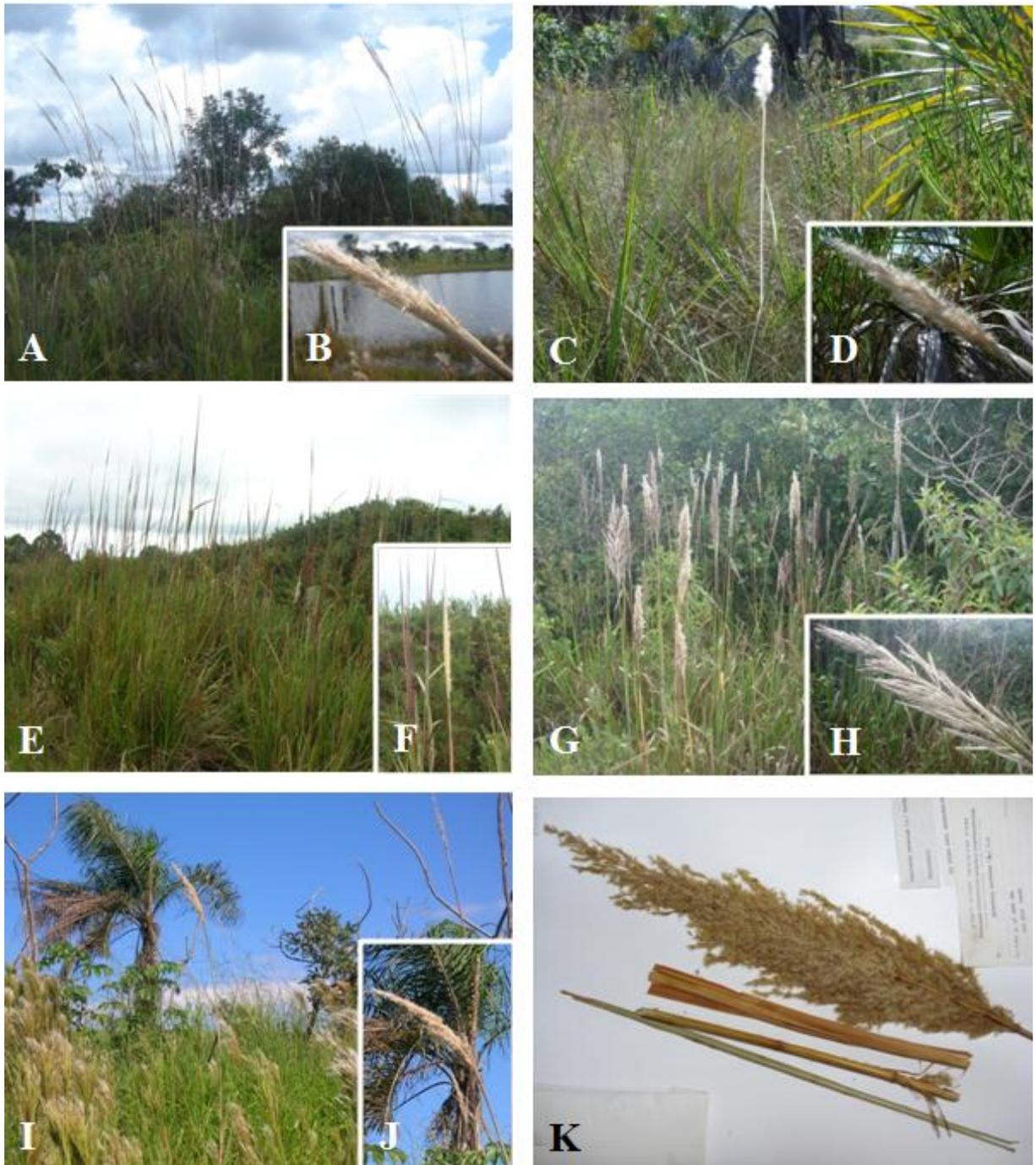
- Hefler SM, Longhi-Wagner HM (2010) A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia das espécies de *Cyperus* L. subg. *Cyperus* (Cyperaceae) ocorrentes no sul do Brasil. *Acta Bot Bras* 24(3):708-717
- Herrera-Arrieta Y, Grant WF (1994) Anatomy of the *Muhlenbergia montana* Complex (Poaceae). *Ame J Bot* 81(8):1038-1044
- Hilu KW (1984) Leaf epidermes of *Andropogon* sect. *Leptopogon* (Poaceae) in North America. *Syst Bot* 9(2): 247-257
- Hilu KW, Wright K (1982) Systematics of gramineae: a cluster analysis study. *Taxon* 31(1):9-36
- Hodkinson TR, Chase MW, Lledó MD, Salamin N, Renvoize SA (2002) Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid trnL intron and trnL-F intergenic spacers. *J Plant Res* 115:381–392
- Jensen WA (1962) Botanical histochemistry: principles and practices. W. H. Freeman, São Francisco
- Joarder N, Roy AK, Sima SN, Parvin K (2010) Leaf blade and midrib anatomy of two sugarcane cultivars of Bangladesh. *J Bio-sci* 18:66-73
- Jones LA (2011) Anatomical adaptations of four *Crassula* species to water availability. *Biohorizons* 4(1):13-22
- Judd WS, Campbell CS, Kellogg EA, Stevens PF, Donoghue MJ (2009) Plant systematics: a phylogenetic approach, 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland
- Juliana MA, Rocha JF, Machado SR (2005) Estrutura foliar de *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert e *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae). *Rev Bras Bot* 28(1):23-37
- Julien MHR, Irvine JE, Benda GTA (1989) Anatomía, morfología, y fisiología de la caña de azúcar. In: Ricaud C, Egan BT, Gillaspie-Júnior AG, Hughes CG (ed) Diseases of Sugarcane: major diseases. Elsevier, Amstredam-Oxford-New York-Tokyo, pp 18-20
- Khalid S (2004) Poaceae: The role of grass weeds in cereal agro-ecosystems of Pakistan. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 10(3-4):175-184
- Kraus JE, Arduin M (1997) Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
- Langeron M (1949) Précis de microscopie. Masson et Cie. Editeurs, Paris

- Londoño X (2011) Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>. Acessado em 25 de Junho de 2011
- Luque R, Sousa HC, Kraus JE (1996) Métodos de coloração de Roeser (1972) - modificado - e Kropp visando a substituição do azul de astra por azul de alcião GS ou GX. *Acta Bot Bras* 10(2): 199-212
- Ma HY, Peng H, Li DZ (2005) Taxonomic significance of leaf anatomy of *Aniselytron* (Poaceae) as an evidence to support its generic validity against *Calamagrostis* s. l. *J Plant Res* 118:401–414
- Mauseth JD (1988) Plant anatomy. Benjamin Cummings, California
- Medeanic S, Cordazzo CV, Corrêa ICS, Mirlean N (2008) Os fitólitos em gramíneas de dunas do extremo sul do Brasil: variabilidade morfológica e importância nas reconstruções paleoambientais costeiras. *Gravel* 6(2):1-14
- Melo HC, Castro EM, Soares AM, Melo LA, Alves JD (2007) Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. *Hoehnea* 34(2):145-153
- Menezes NL, Silva DC, Melo-de-Pinna GFA (2006) Folha. In: Appezzato-da-Glória B, Carmello-Guerreiro SM (ed) Anatomia vegetal, 2 ed. Editora UFV, Viçosa-MG, pp 303-326
- Metcalfé CR (1960) Anatomy of the monocotyledons: I Gramineae. Clarendon Press, Oxford
- Metcalfé CR, Chalk L (1979) Anatomy of the dicotyledons: systematic anatomy of the leaf and stem, vol I. Oxford Clarendon, Oxford
- Metcalfé CR, Chalk L (1989) Anatomy of the dicotyledons: wood structure and conclusion of the general introduction, vol II, 2 ed. Oxford Clarendon, Oxford
- Morrone O, Zuloaga F (1991) Estudios morfológicos en el Subgenero *Dichanthelium* de *Panicum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae), con especial referencia a *Panicum Sabulorum*. *Ann Mo Bot Gard* 78(4):915-927
- Morrone O, Zuloaga FO, Arriaga MO, Pozner R, Aliscioni SS (1998) Revision sistemática y análisis cladístico del género *Chaetium* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). *Ann Mo Bot Gard* 85(3):404-424
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H (2002) Aims and methods of vegetation ecology. The Blackburn Press, New Jersey

- Naidoo PV, McFarlane SA, Keeping MG, Caldwell PM (2009) Deposition of silicon in leaves of sugarcane (*Saccharum* spp. hybrids) and its effect on the severity of brown rust caused by *Puccinia melanocephala*. Proc S Afr Sug Technol Ass (2009) 82: 542 – 546
- Nelson T (2011) The grass leaf developmental gradient as a platform for a systems understanding of the anatomical specialization of C4 leaves. J Exp Bot 62(9):3039–3048
- Neves BT, Zanin A (2011) Sinopse das espécies nativas e subespontâneas de Andropogoneae Dumort. (Poaceae) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Acta Bot Bras 25(4):916-928
- Oliveira RP, Longhi-Wagner HM, Leite KRB (2008) A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia de *Raddia* Bertol. (Poaceae: Bambusoideae). Acta Bot Bras 22(1):1-19
- Oliveira VDC, Sajo MG (1999) Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae Rev Bras Bot 22(3):365-374
- Paciullo DSC, Gomide JA, Silva EAM, Queiroz DS, Gomide CAM (2002) Características Anatômicas da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. Rev Bras Zootec 31(2):890-899(suplemento)
- Paiva JGA, Frank-de-Carvalho SM, Magalhães MP, Graciano-Ribeiro D (2006) Verniz vitral incolor 500<sup>®</sup>: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. Acta Bot Bras 20(2):257-264
- Pelegriin CMG, Longhi-Wagner HM, Oliveira PL (2009) Anatomia foliar como subsídio à taxonomia de espécies do Complexo *Briza* L. (Poaceae: Pooideae: Poaeae). Acta Bot Bras 23(3):666-680
- Phillips SM, Shouliang C (2005) Notes on grasses (Poaceae) for the flora of China, IV. Novon 15(3): 464-470
- Piperno DR, Pearsal DM (1998) The silica bodies of tropical american grasses: morphology, taxonomy, and implications for grass systematics and fossil phytolith identification. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Proença SL, Sajo MG (2007) Anatomia foliar de bromélias ocorrentes em áreas de cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. Acta Bot Bras 21(3): 657-673
- Prychid CJ, Rudall PJ, Gregory M (2004) Systematics and biology of silica bodies in monocotyledons. Bot Rev 69(4):377-440
- Raole VM, Desai RJ (2009) Epidermal studies in some members of Andropogoneae (Poaceae). Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj 37 (1) 2009, 59-64

- Renvoize SA (1982) A survey of leaf-blade anatomy in grasses. I. Andropogoneae. Kew Bull 37(2): 315-321
- Renvoize SA (1985) A survey of leaf-blade anatomy in grasses V. The Bamboo Allies. Kew Bull 40(3):509-535
- Sánchez MG, Koch SD (1998) Estudio anatómico comparativo de la lamina foliar de *Eragrostis* (Poaceae:Chloridoideae) de México. Acta Bot Mex 43:33-56
- Santana DG, Ranal MA (2004) Análise da germinação: um enfoque estatístico. Editora Universidade de Brasília, Brasília
- Santos AS, Desbies ALJ, Alvarez JM, Garcia JB, Sobrinho AAB (2010) Descritores epidérmicos de gramíneas (Poaceae) – um guia para identificação da dieta de herbívoros usando o programa Delta. Corumbá. Embrapa Pantanal, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Corumbá-MS
- Santos JW, Almeida FAC, Beltrão NEM, Cavalcanti FB (2008) Estatística experimental aplicada. 2. ed. Embrapa Algodão/ UFCG, Campina Grande
- Sendulsky T, Labouriau LG (1966) Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados I. An Acad Bras Ciênc 38:159–170
- Shepherd GJ (2010) Fitopac 2.1.2.85: Manual do usuário. Departamento de Botânica- Universidade Estadual de Campinas, Campinas
- Shrivastava AK, Srivastava DC, Solomon S, Srivastava MK, Singh I (2003) Physiological characters imparting resistance to biotic and abiotic stresses in sugarcane. Sugar Tech 5(3):105-120
- Silva IV (2009) Anatomia e desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae (Poales) da Amazônia-MT. Tese, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Rio Claro
- Silva LM, Alquini Y (2003) Anatomia comparativa de folhas e caules de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl. e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. (Poaceae). Rev Bras Bot 26(2): 185-192
- Silva-Filho JPB (2006) Caracterização anatômica de *Filgueirasia arenicola* (McClure) Guala (Poaceae: Bambusoideae: Arthrostylidiinae). Dissertação, Universidade de Brasília
- Soriano AM, Terrazas T, Dávila P (2011) Ultraestructura de la epidermis foliar de *Zeugites* (Poaceae: Panicoideae). Rev. Biol. Trop. 59(2):557-568
- Tateoka T, Inoue S, Kawano S (1959) Notes on some grasses. IX. Systematic significance of bicellular microhairs of leaf epidermis. Bot Gaz 121(2):80-91

- Tomlinson PB (1974) Development of the stomatal complex as a taxonomic character in the monocotyledons. *Taxon* 23(1): 109-128
- Torres IH, Englemen EM (1995) Anatomía de la lámina foliar del género *Trisetum* (Gramineae: Poideae) en México. *Acta Bot Mex* 31:39-50
- Traiperm P, Boonkerd T, Chantaranothai P, Simpson DA (2011) Vegetative anatomy of subtribe Ischaeminae (Poaceae) in Thailand. *Trop Nat Hist* 11(1):39-54
- Ullah Z, Khan MA, Ahmad M, Zafar M, Ullah K (2011) Systematic implications of foliar epidermis in Andropogoneae (Poaceae) from Hindukush-himalayas Pakistan. *J Med Plants Res* 5(6): 949-957
- Vasellati V, Oosterheld M, Medan, D, Loreti J (2001) Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. *Ann Bot* 88:355-360
- Vieira RC, Gomes DMS, Sarahyba LS, Arruda RCO (2002) Leaf anatomy of three herbaceous bamboo species. *Braz J Biol* 62(4B):907-922
- Watson L, Clifford HT, Dallwitz MJ (1985) The classification of Poaceae: Subfamilies and Supertribes. *Aust J Bot* 33:433-484
- Watson L, Dallwitz MJ (1994) The grass genera of the world, 2nd. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Welker CAD, Longhi-Wagner HM (2012) The genera *Eriochrysis* P. Beauv., *Imperata* Cirillo and *Saccharum* L. (Poaceae – Andropogoneae – Saccharinae) in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Braz J Biol* 35(1):87-105
- Willmer C, Fricker M (1996) *Stomata*. 2 ed. Chapman & Hall, Londres
- Wu MCY (1962) The classification of Bambuseae based on leaf anatomy. *Bot Bull Acad Sinica* 3:83-108
- Zucol AF (2000) Fitólitos de Poaceae de Argentina. III. Fitólitos foliares de especies del género *Paspalum* (Paniceae) de la provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 38(1-2):11-32
- Zuloaga FO, Giussani LM, Morrone O (2006) On the taxonomic position of *Panicum aristellum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). *Syst Bot* 31(3): 497–505



**Figura 1.** Aspectos morfológicos das espécies de *Saccharum*. **A e B.** *S. villosum* Steud. **A.** aspectos da planta. **B.** detalhe da inflorescência. **C e D.** *S. asperum* (Nees) Steud. **C.** aspectos da planta. **D.** detalhe da inflorescência. **E e F.** *S. angustifolium* (Nees) Trin. **E.** aspectos da planta. **F.** detalhe da inflorescência. **G e H.** *Saccharum* sp. 1. **G.** aspectos da planta. **H.** detalhe da inflorescência. **I e J.** *Saccharum* sp. 2. **I.** aspectos da planta. **J.** detalhe da inflorescência. **K.** exsicata de *S. ravennae* (L.) L., evidenciando a inflorescência, colmo e folhas.

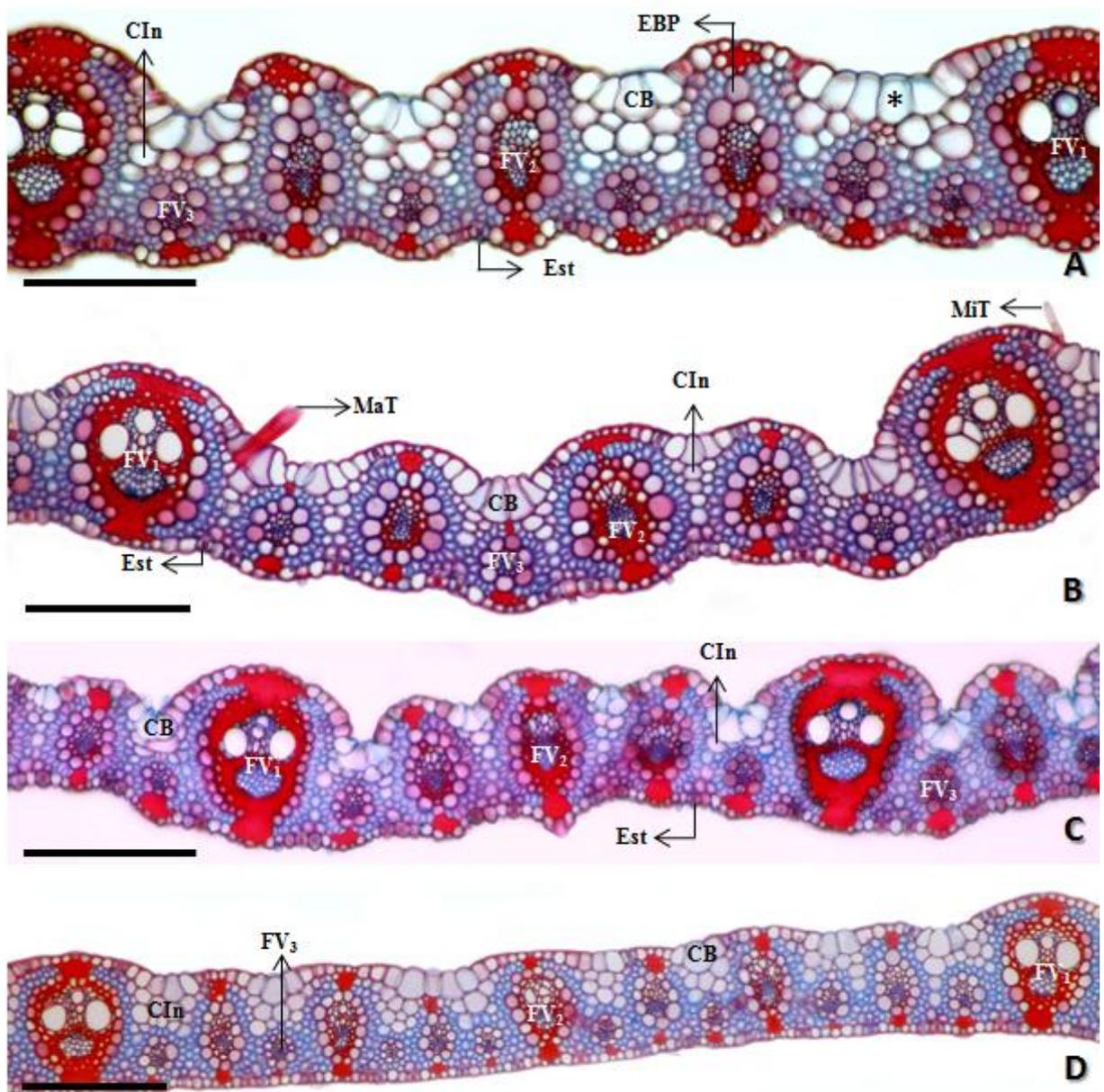
**Tabela 1.** Localização das espécies, número de coleta dos coletores e herbário em que as espécies analisadas estão depositadas.

Espécie	Local de coleta / População	Coletor/Nº de coleta	Herbário
<i>S. angustifolium</i> (Nees) Trin.	São Francisco de Paula - RS	Graciano-Ribeiro, D. et al. 227	UB
	Porto Alegre - RS	Graciano-Ribeiro, D. et al. 278	UB
	Piratini - RS	Graciano-Ribeiro, D. et al. 281	UB
<i>S. asperum</i> (Nees) Steud.	Chapada Gaúcha – MG (PNGSV*)	Graciano-Ribeiro, D. et al. 260	UB
	Brasília – DF (RECOR – IBGE*)	Graciano-Ribeiro, D. et al. 316	UB
	Urubici – SC	Welker, C. A. D. 312	ICN
<i>S. villosum</i> Steud.	Mambáí – GO	Graciano-Ribeiro, D. et al. 186	UB
	Aparecida do Rio Doce – GO	Graciano-Ribeiro, D. et al. 210	UB
	Chapadão do Céu – GO (PNEmas*)	Graciano-Ribeiro, D. et al. 254	UB
<i>Saccharum</i> sp. 1	Alto Paraíso de Goiás – GO	Graciano-Ribeiro, D. et al. 239	UB
<i>Saccharum</i> sp. 2	Rio Verde – GO	Graciano-Ribeiro, D. et al. 211	UB
<i>S. ravennae</i> (L.) L.	Palestina (próximo ao Mar Morto)	Zohary, F. s/n	UB

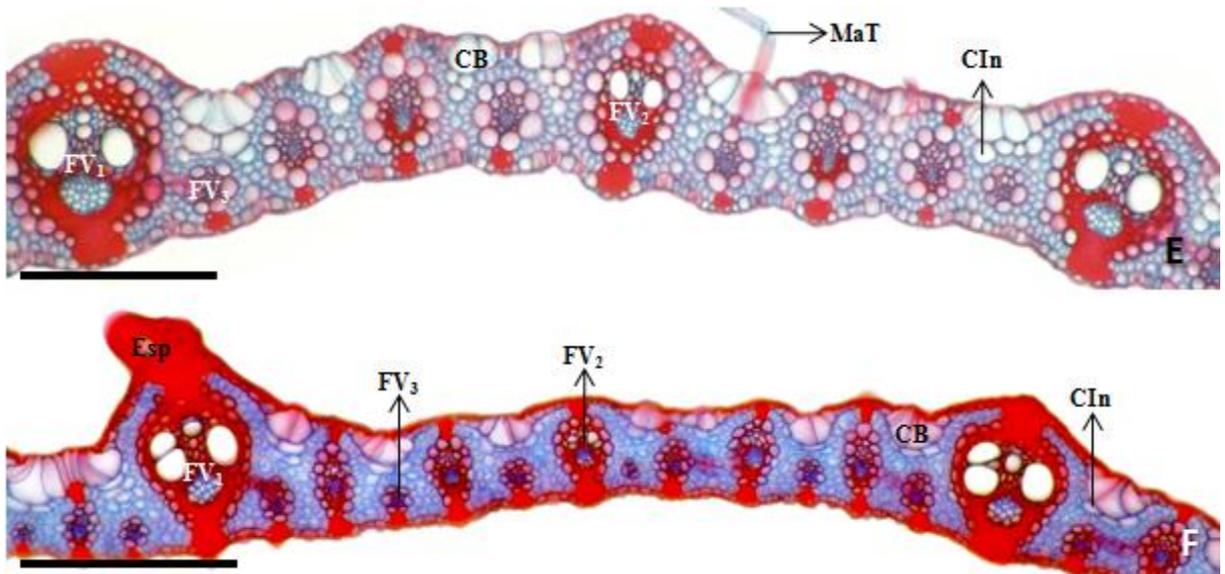
\* PNEmas - Parque Nacional das Emas; PNGSV - Parque Nacional Grande Sertão Veredas; RECOR-IBGE - Reserva Ecológica Córrego do Roncador do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**Tabela 2.** Categorias de algumas características utilizadas na descrição das estruturas celulares

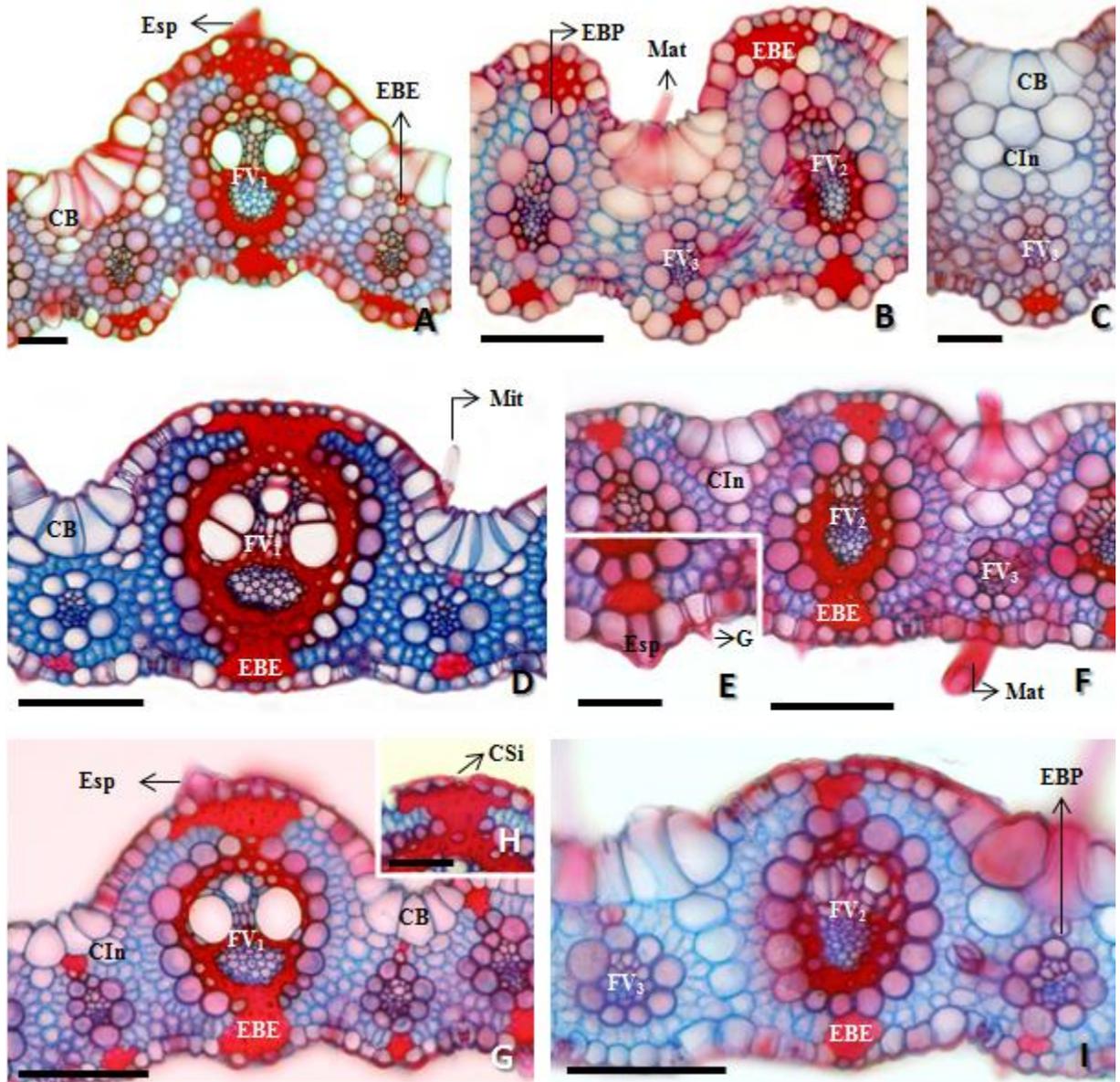
<b>Característica</b>	<b>Categoria</b>	<b>Critério</b>
Superfície da epiderme	Ondulações	de 2,01%-10% do mesofilo
	Sulco leve	de 10,01-20% do mesofilo
	Sulco médio	de 20,01-40% do mesofilo
	Sulco profundo	de 40,01-50% do mesofilo
	Reentrância	acima de 50,01% do mesofilo
Comprimento das células interestomáticas	Curta	Até 45 $\mu\text{m}$
	Média	Entre 45,01 e 55 $\mu\text{m}$
	Longa	Acima de 55,01 $\mu\text{m}$



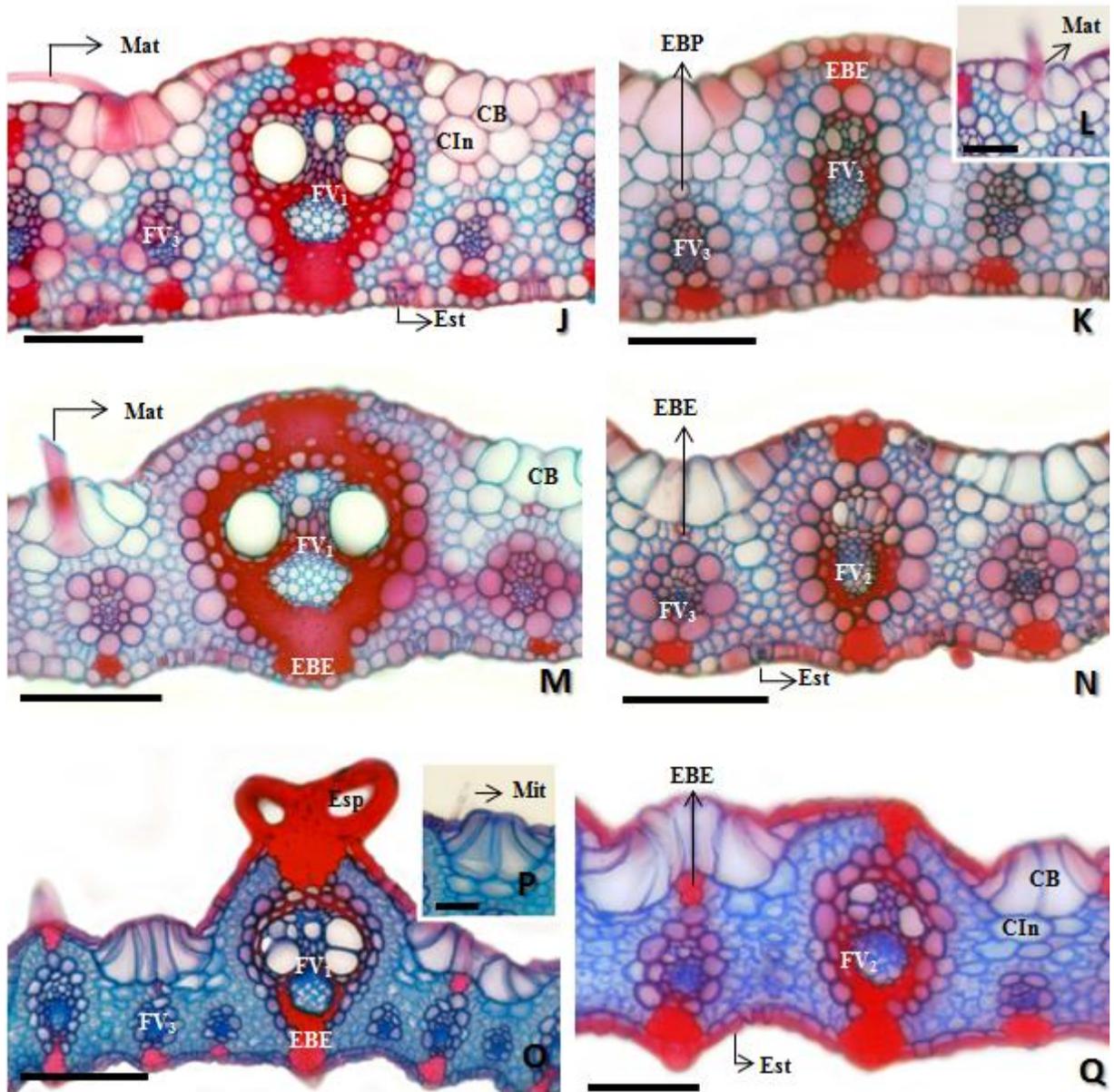
**Figura 2.** Aspectos da ala em secção transversal, com FV<sub>1</sub>, FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub>. Nota-se a variação no formato dos feixes vasculares e a distribuição dos FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub> entre dois FV<sub>1</sub>. Ainda observa-se a variação no formato das células buliformes: retangulares (asterisco) e em forma de leque (tipo mais comum). **A.** *Saccharum angustifolium* (Nees) Trin. **B.** *Saccharum asperum* (Nees) Steud. **C.** *Saccharum villosum* Steud. **D.** *Saccharum* sp. 1. CB. Células buliformes, CIn. Células incolores, EBP. Extensão da bainha parenquimática, Esc. Esclerênquima, Esp. Espinho, Est. Estômato, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1<sup>a</sup> ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2<sup>a</sup> ordem, FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3<sup>a</sup> ordem, Mat. Macrotrichoma. Barra: 40 μm (A, B, C, E e F) e 20 μm (D).



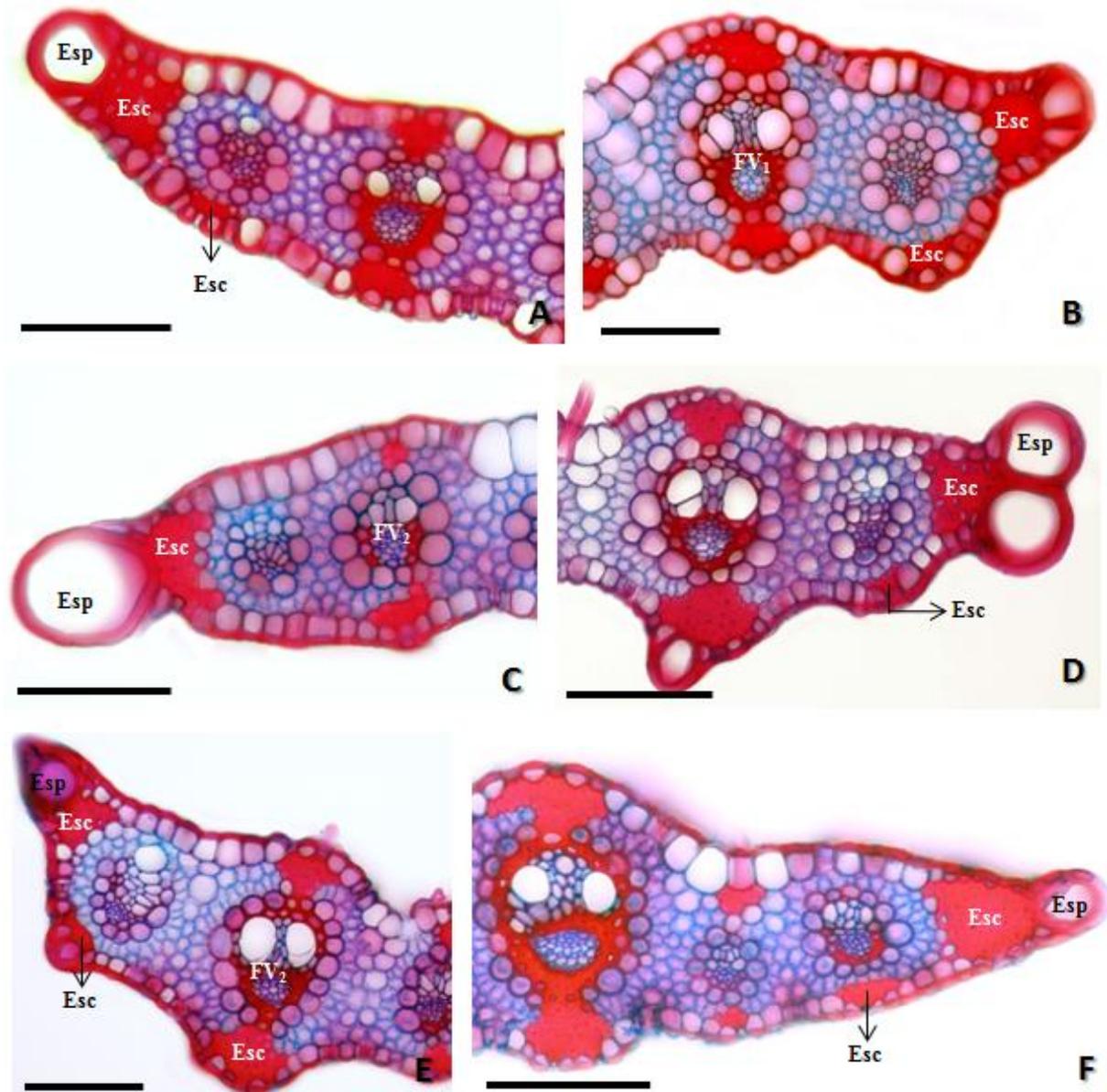
**Figura 2 (cont).** Aspectos da ala em secção transversal, com FV<sub>1</sub>, FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub>. Nota-se a variação no formato dos feixes vasculares e a distribuição dos FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub> entre dois FV<sub>1</sub>. Ainda observa-se a variação no formato das células buliformes: retangulares (asterisco) e em forma de leque (tipo mais comum). **E.** *Saccharum* sp. 2. **F.** *Saccharum ravennae*. CB. Células buliformes, CIn. Células incolores, EBP. Extensão da bainha parenquimática, Esc. Esclerênquima, Esp. Espinho, Est. Estômato, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1<sup>a</sup> ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2<sup>a</sup> ordem, FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3<sup>a</sup> ordem, Mat. Macrotricoma. Barra: 40 μm (A, B, C, E e F) e 20 μm (D).



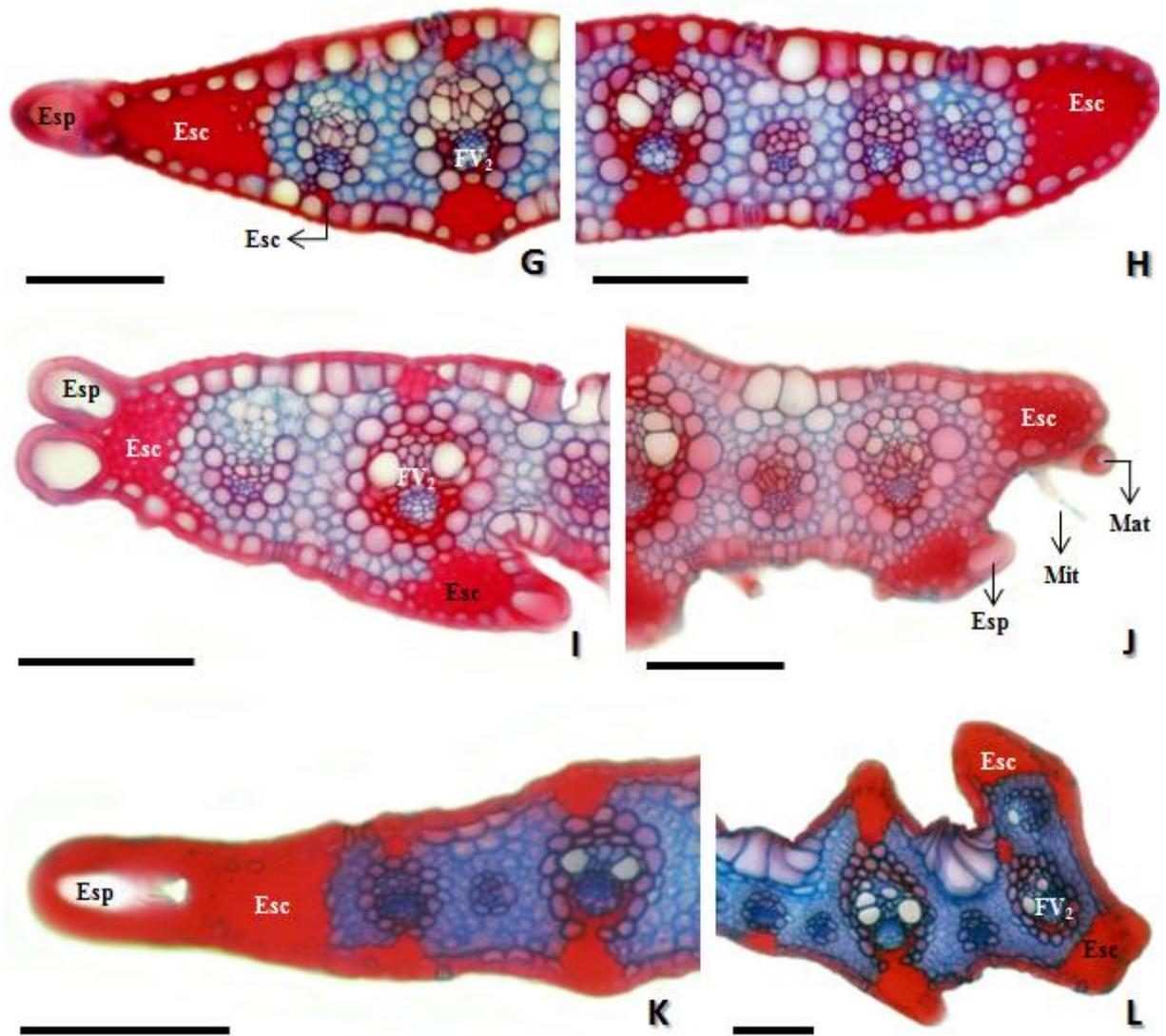
**Figura 3.** Detalhe da lâmina foliar. FV<sub>1</sub> e FV<sub>3</sub> (à esquerda) e FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub> (à direita ou centro). **A – C.** *Saccharum angustifolium* (Ness) Trin. **A.** FV<sub>1</sub> elíptico, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, observa-se muitas células incolores adaxiais e espinho sobre o feixe vascular de primeira ordem; FV<sub>3</sub> sem extensões ou com EBE voltada para ambas as faces da epiderme. **B.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática completa e EBP voltada para a adaxial, EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> circular com EBE voltada para a face abaxial. **C.** Detalhe da região das células buliformes retangulares, nota-se grande quantidade de células incolores adaxiais sobre os FV<sub>3</sub>. **D – F.** *Saccharum asperum* (Ness) Steud. **D.** FV<sub>1</sub> circular, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, observa-se microtricoma entre as células buliformes. **E.** Detalhe do espinho e gancho na face abaxial da epiderme. **F.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática incompleta na face abaxial e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> circulares com EBE voltada para a face abaxial, nota-se muitas células incolores adaxiais e macrotricoma na face abaxial e adaxial (entre as células buliformes). **G - I.** *Saccharum villosum* Steud. **G.** FV<sub>1</sub> circular, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, observa-se espinho sobre o feixe vascular de primeira ordem e poucas células incolores adaxiais. **H.** Detalhe da célula silicificada sobre o FV<sub>1</sub>. **I.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática completa e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> com extensão de bainha parenquimática voltado para a face adaxial. CB. Células buliformes, CIn. Células incolores, Csi. Célula silicificada, EBE. Extensão da bainha esclerenquimática, EBP. Extensão da bainha parenquimática, Esp. Espinho, Est. Estômato, g. gancho, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem, FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3ª ordem, Mat. Macrotricoma, Mit. Microtricoma. Barra: 20 µm (A, B, D, F, G, I, J, K, M, N, O e Q) e 10 µm (C, E, H, L, P).



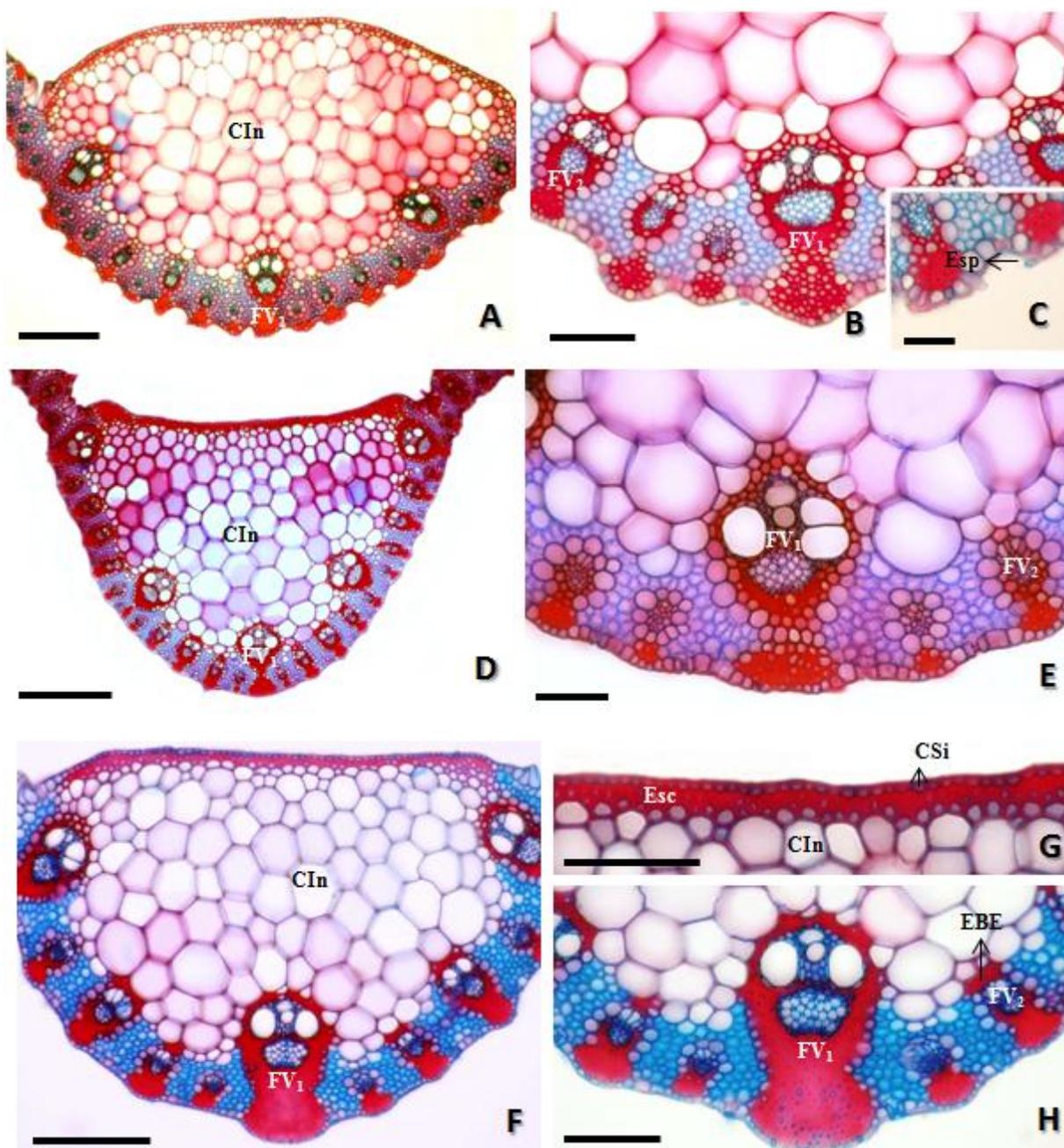
**Figura 3 (cont.).** Detalhe da lâmina foliar. FV<sub>1</sub> e FV<sub>3</sub> (à esquerda) e FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub> (à direita). **J - L.** *Saccharum* sp. 1 **J.** FV<sub>1</sub> oval, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, observa-se muitas células incolores adaxiais e macrotricomas entre as células buliformes. **K.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática incompleta na face abaxial e extensão de bainha esclerenquimática em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> com EBP e EBE voltado para a face adaxial e abaxial, respectivamente. **L.** Detalhe do macrotricoma do tipo “cushion hair” entre as células buliformes. **M - N.** *Saccharum* sp. 2. **M.** FV<sub>1</sub> oval, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, observa-se poucas células incolores adaxiais e macrotricomas entre as células buliformes. **N.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática completa e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> circulares com EBE voltada para ambas as faces da epiderme, sendo as da face adaxial compostas por poucas células. **O - Q.** *Saccharum ravennae* (L.) L. **O.** FV<sub>1</sub> oval, EBE em forma cordão para ambas as faces da epiderme, respectivamente, observa-se poucas células incolores adaxiais e espinho grandes sobre o feixe vascular de primeira ordem. **P.** detalhe do microtricoma entre as células buliformes. **Q.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática incompleta na face abaxial e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> circulares com EBE voltada para ambas as faces da epiderme ou ausente na face adaxial. CB. Células buliformes, CIn. Células incolores, Csi. Célula silicificada, EBE. Extensão da bainha esclerenquimática, EBP. Extensão da bainha parenquimática, Esp. Espinho, Est. Estômato, g. gancho, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem, FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3ª ordem, Mat. Macrotricoma, Mit. Microtricoma. Barra: 20 µm (A, B, D, F, G, I, J, K, M, N, O e Q) e 10 µm (C, E, H, L, P).



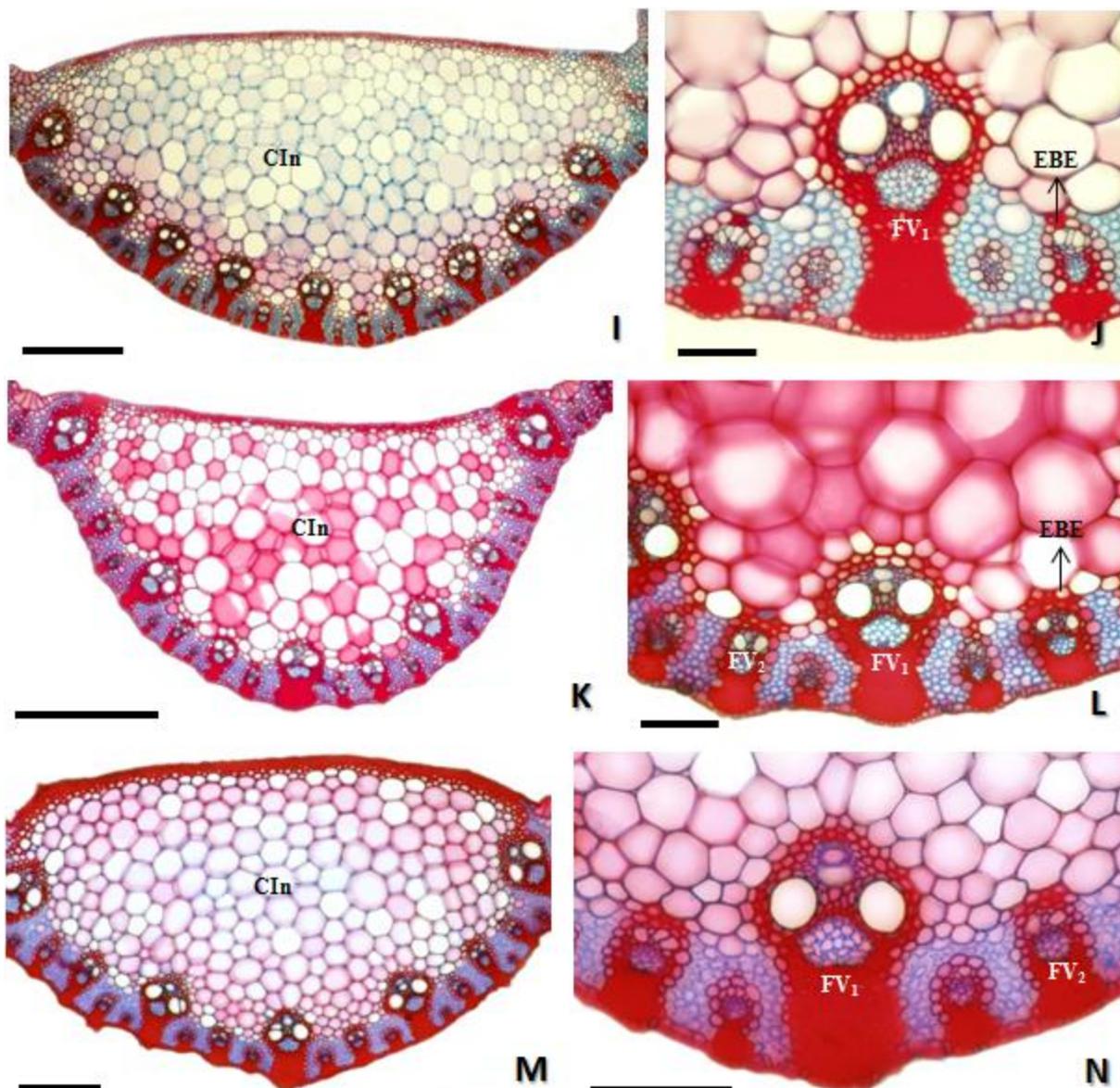
**Figura 4.** Aspectos dos bordos O1 (à esquerda) e O2 (à direita) em secção transversal. Nota-se a variação do(a): número de feixes vasculares, número de fibras sob o último feixe vascular e na extremidade, formato, posição e extensão das fibras e presença de cavidades de tricomas. **A e B.** *Saccharum angustifolium* (Ness) Trin. **A.** até 10 camadas de fibras na extremidade, bordo agudo, calota de fibras sob o último feixe vascular e apenas 1 feixe vascular. **B.** até 10 camadas de fibras na extremidade, bordo com extremidade de fibras voltada para a face adaxial, calota sob o último feixe vascular e apenas 1 feixe vascular. **C e D.** *Saccharum asperum* (Ness) Steud. **C.** Até 10 camadas de fibras, bordo agudo e apenas 1 feixe vascular. **D.** até 10 camadas de fibras na extremidade, bordo com extremidade voltada para a face adaxial, calota sob o último feixe vascular e apenas 1 feixe vascular. **E e F.** *Saccharum villosum* Steud. **E.** até 10 camadas de fibras na extremidade, bordo com extremidade voltada para a face adaxial, apresenta calota sob o último feixe vascular e apenas 1 feixe vascular. **F.** Até 10 camadas de fibras na extremidade, bordo agudo, fibras em posição central, calota de fibras sob o último feixe vascular e 2 feixes vasculares. Esp. Espinho FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem, Mat. Macrotricoma, Mit. Microtricoma. Barra: 20 μm



**Figura 4 (cont).** Aspectos dos bordos 01 (à esquerda) e 02 (à direita) em secção transversal. Nota-se a variação do(a): número de feixes vasculares, número de fibras sob o último feixe vascular e na extremidade, formato, posição e extensão das fibras e presença de cavidades de tricomas. **G e H.** *Saccharum* sp. 1. **G.** Mais de 10 camadas de fibras na extremidade, bordo agudo, bordo agudo e apenas 1 feixe vascular. **H.** Mais de 10 camadas de fibras na extremidade, bordo arredondado e 3 feixes vasculares. **I e J.** *Saccharum* sp. 2. **I.** até 10 camadas de fibras na extremidade, bordo agudo e apenas 1 feixe vascular, nota-se a saliência sob o feixe vascular de 1<sup>a</sup> ordem voltada para ala. **J.** Até 10 camadas de fibras na extremidade, bordo com extremidade voltada para a face adaxial e dois feixes vasculares, nota-se os diferentes tipos de tricomas no bordo. **K e L.** *Saccharum ravennae* (L.) L. **K.** Mais de 10 camadas de fibras na extremidade, bordo agudo, contorno linear e dois feixes vasculares. **L.** Mais de 10 camadas de fibras na extremidade, bordo agudo, contorno revoluto. Esp. Espinho FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1<sup>a</sup> ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2<sup>a</sup> ordem, Mat. Macrotricoma, Mit. Microtricoma. Barra: 20 μm



**Figura 5.** Nervura central em secção transversal. Vista geral (à esquerda), observa-se a variação de formatos, número de camadas de células incolores e de feixes vasculares totais, de 1ª, 2ª e 3ª ordem. Detalhes (à direita), principalmente da região abaxial, onde encontram-se os feixes vasculares, nota-se a variação nos formatos nas EBE dos feixes de 1ª, 2ª e 3ª ordem, além das bainhas parenquimáticas completas ou incompletas **A - C.** *Saccharum angustifolium* (Ness) Trin. **A.** Nervura central côncava-convexa. **B.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem com EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem com bainha completa e EBE apenas para a face abaxial. **C.** Detalhe da face abaxial da epiderme evidenciando espinhos voltados para a cavidade formada pelas ondulações. **D e E.** *Saccharum asperum* (Ness) Steud. **D.** Nervura central plana-convexa. **E.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem com bainha parenquimática incompleta e EBE voltada apenas para a face abaxial, feixe de 3ª ordem com bainha parenquimática completa e EBE voltada para a face abaxial. **F - H.** *Saccharum villosum* Steud. **F.** Nervura central plana-convexa. **G.** Face adaxial da epiderme, evidenciando a epiderme uniestratificada, com células silicificadas no mesmo nível das C.E.C. e, imediatamente abaixo, até 3 camadas de esclerênquima. **H.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem evidenciando EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem com bainha incompleta e EBE apenas para a face abaxial. CIn. Células incolores, Csi. Célula silicificada, EBE. Extensão da bainha esclerenquimática, Esc. Esclerênquima, Esp. Espinho, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem. Barra: 80 µm (A, D, F, I, J e L), 20 µm (B, E, G, H, J, K e M) e 10 µm (C).



**Figura 5 (cont.).** Nervura central em secção transversal. Vista geral (à esquerda), observa-se a variação de formatos, número de camadas de células incolores e de feixes vasculares totais, de 1ª, 2ª e 3ª ordem. Detalhes (à direita), principalmente da região abaxial, onde encontram-se os feixes vasculares, nota-se a variação nos formatos nas EBE dos feixes de 1ª, 2ª e 3ª ordem, além das bainhas parenquimáticas completas ou incompletas **I e J.** *Saccharum* sp. 1. **I.** Nervura central plana-convexa. **J.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem evidenciando EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem com bainha completa e EBE apenas para a face abaxial. **K e L.** *Saccharum* sp. 2. **K.** Nervura central plana-convexa. **L.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem evidenciando EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem circulares e elípticos com bainha incompleta e EBE voltada apenas a face abaxial ou ambas as faces. **M e N.** *Saccharum ravennae* (L.) L. **M.** Nervura central côncava-convexa. **N.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem com EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem com bainha incompleta e EBE apenas para a face abaxial. CIn. Células incolores, Csi. Célula silicificada, EBE. Extensão da bainha esclerenquimática, Esc. Esclerênquima, Esp. Espinho, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem. Barra: 80 µm (A, D, F, I, J e L), 20 µm (B, C, E, G, J, K e M) e 10 µm (H).

**Tabela 3.** Variáveis quantitativas analisadas para a espessura da lâmina foliar, cutícula, mesofilo e células incolores; altura das células epidérmicas e buliformes nas espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp RV; *S. rav.* *S. ravennae*.

<b>Caracteres analisados</b> <sup>*/**</sup>	<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>
Lâmina foliar	240.71 ±19.76 <sup>b</sup>	195.30 ±16.69 <sup>a</sup>	184.18 ±18.74 <sup>a</sup>	224.67 ±14.42 <sup>c</sup>	193.65 ±12.91 <sup>a</sup>	167.30 ±13.36 <sup>d</sup>
Epiderme adaxial <sup>***</sup>	24.46 ±4.27 <sup>b</sup>	20.21 ±3.65 <sup>a</sup>	18.93 ±4.60 <sup>a</sup>	24.83 ±3.61 <sup>b</sup>	18.62 ±3.02 <sup>a</sup>	12.81 ±3.01 <sup>c</sup>
Epiderme abaxial <sup>***</sup>	20.23 ±4.42 <sup>a</sup>	18.89 ±3.33 <sup>a</sup>	18.58 ±4.28 <sup>a</sup>	21.58 ±1.89 <sup>a</sup>	18.78 ±2.71 <sup>a</sup>	10.92 ±2.15 <sup>b</sup>
Cutícula adaxial	4.79 ±0.86 <sup>d</sup>	2.45 ±0.56 <sup>c</sup>	3.16 ±0.91 <sup>ab</sup>	3.27 ±0.77 <sup>ab</sup>	3.50 ±0.69 <sup>a</sup>	2.92 ±0.65 <sup>b</sup>
Cutícula abaxial	3.84 ±0.77 <sup>c</sup>	2.35 ±0.64 <sup>a</sup>	2.48 ±0.69 <sup>a</sup>	2.48 ±0.53 <sup>ab</sup>	2.91 ±0.55 <sup>b</sup>	2.32 ±0.46 <sup>a</sup>
Célula buliforme	55.54 ±8.12 <sup>b</sup>	51.62 ±6.13 <sup>b</sup>	40.38 ±6.69 <sup>a</sup>	51.06 ±6.60 <sup>b</sup>	44.09 ±5.03 <sup>a</sup>	44.13 ±7.64 <sup>a</sup>
Célula buliforme (%)	14.81 ±3.42 <sup>a</sup>	21.76 ±5.87 <sup>b</sup>	17.18 ± 3.66 <sup>a</sup>	15.18 ± 3.40 <sup>a</sup>	15.99 ± 3.62 <sup>a</sup>	21.73 ± 5.03 <sup>b</sup>
Mesofilo	187.91 ±34.69 <sup>b</sup>	145.81 ±15.21 <sup>a</sup>	148.61 ±14.47 <sup>a</sup>	166.39 ±19.93 <sup>b</sup>	152.40 ±11.89 <sup>a</sup>	135.13 ±14.47 <sup>a</sup>
Cél. Incolores adaxiais	27.53 ±6.08 <sup>b</sup>	22.17 ±5.28 <sup>a</sup>	18.83 ±3.16 <sup>a</sup>	28.57 ±7.11 <sup>b</sup>	18.92 ± 3.58 <sup>a</sup>	13.84 ±2.27 <sup>c</sup>
Cél. Incolores abaxiais	20.35 ±3.54 <sup>b</sup>	17.11 ±3.01 <sup>a</sup>	16.59 ±2.43 <sup>a</sup>	19.70 ±3.20 <sup>b</sup>	17.45 ±3.37 <sup>a</sup>	10.52 ±2.19 <sup>c</sup>
Distância entre os FVs	55.29 ±8.07 <sup>c</sup>	48.60 ±9.34 <sup>b</sup>	40.22 ±5.93 <sup>a</sup>	44.26 ±7.12 <sup>ab</sup>	39.45 ±7.29 <sup>a</sup>	29.45 ±4.87 <sup>d</sup>

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm), exceto os valores em porcentagem.

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*\* Foram medidas as células epidérmicas entre os feixes vasculares

**Tabela 4.** Comparação entre estruturas celulares (espessura das CEC e células incolores) e altura da cutícula voltadas para a face adaxial e abaxial das espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp RV; *S. rav.* *S. ravennae*.

Caracteres analisados <sup>*/**</sup>		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>
Epiderme	Adaxial	24.46 ±4.27 <sup>a</sup>	20.21 ±3.65 <sup>a</sup>	18.93 ± 4.60 <sup>a</sup>	24.83 ±3.61 <sup>a</sup>	18.62 ±3.02 <sup>a</sup>	12.81 ±3.01 <sup>a</sup>
	Abaxial	20.23 ±4.42 <sup>b</sup>	18.89 ±3.33 <sup>a</sup>	18.58 ± 4.28 <sup>a</sup>	21.58 ±1.89 <sup>b</sup>	18.78 ±2.71 <sup>a</sup>	10.92 ±2.15 <sup>b</sup>
Cutícula	Adaxial	4.79 ±0.86 <sup>a</sup>	2.45 ±0.56 <sup>a</sup>	3.16 ± 0.91 <sup>a</sup>	3.27 ±0.77 <sup>a</sup>	3.50 ±0.69 <sup>a</sup>	2.92 ±0.65 <sup>a</sup>
	Abaxial	3.84 ±0.77 <sup>b</sup>	2.35 ±0.64 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.69 <sup>b</sup>	2.48 ±0.53 <sup>b</sup>	2.91 ±0.55 <sup>b</sup>	2.32 ±0.46 <sup>b</sup>
Cél. Incolores	Adaxial	27.53 ±6.08 <sup>a</sup>	22.17 ±5.28 <sup>a</sup>	18.83 ± 3.16 <sup>a</sup>	28.57 ±7.11 <sup>a</sup>	18.92 ±3.58 <sup>a</sup>	13.84 ±2.27 <sup>a</sup>
	Abaxial	20.35 ±3.54 <sup>b</sup>	17.11 ±3.01 <sup>a</sup>	16.59 ± 2.43 <sup>b</sup>	19.70 ±3.20 <sup>b</sup>	17.45 ±3.37 <sup>a</sup>	10.52 ±2.19 <sup>b</sup>

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm)

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas (por categoria), não diferem estatisticamente pelo teste de t.

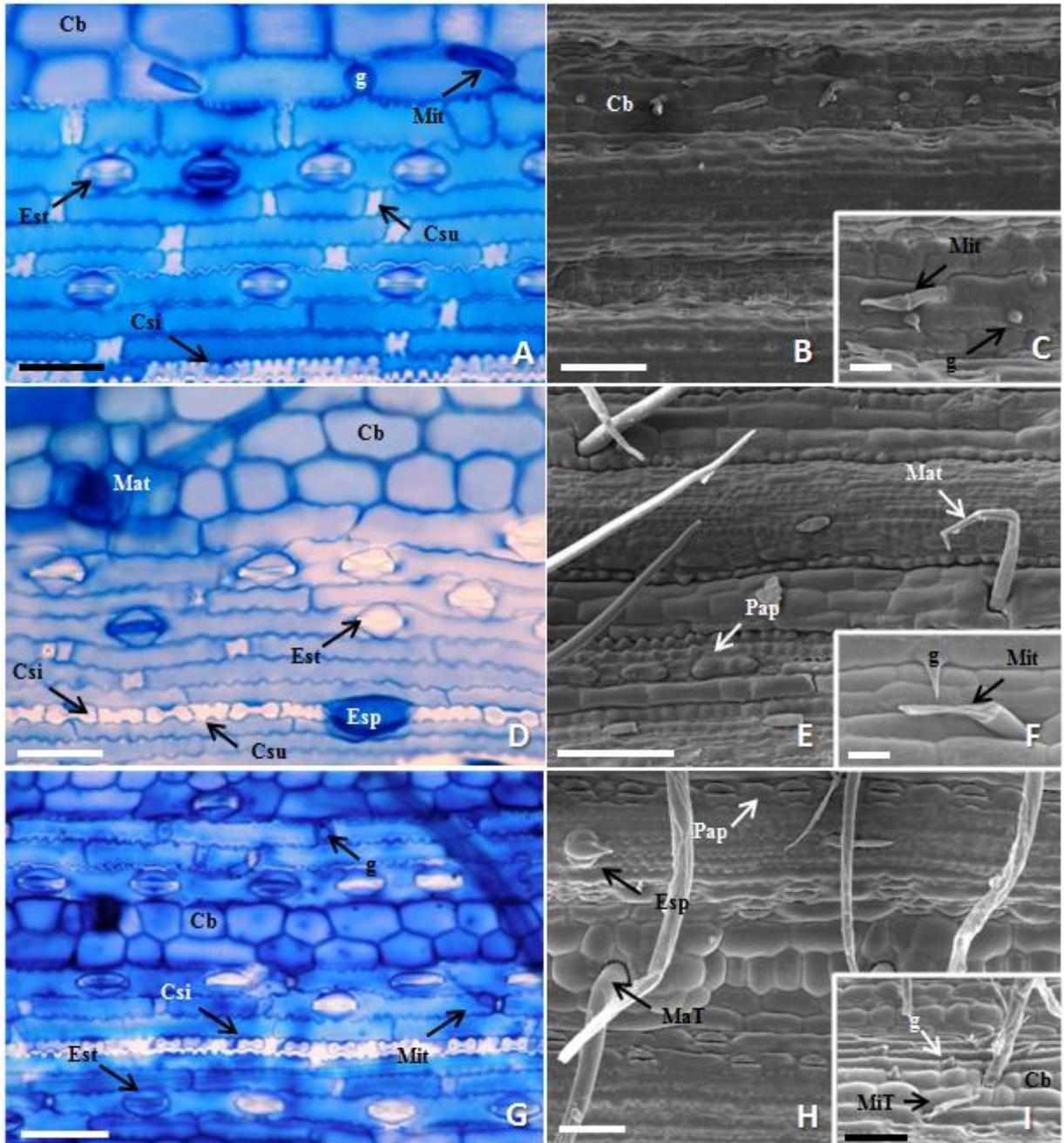
**Tabela 5.** Variáveis quantitativas analisadas para os feixes vasculares da ala das espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp. 2; *S. rav.* *S. ravennae*.

Caracteres analisados <sup>*/**</sup>		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>
Feixe de 1ª ordem	Comprimento	147.91 ± 13.56 <sup>b</sup>	123.30 ± 11.84 <sup>ac</sup>	119.73 ± 13.09 <sup>a</sup>	143.60 ± 14.17 <sup>b</sup>	133.05 ± 13.66 <sup>c</sup>	117.60 ± 14.23 <sup>a</sup>
	Largura	107.69 ± 13.73 <sup>a</sup>	116.36 ± 13.66 <sup>a</sup>	116.36 ± 13.66 <sup>a</sup>	130.88 ± 13.44 <sup>b</sup>	130.00 ± 13.73 <sup>b</sup>	101.85 ± 11.96 <sup>a</sup>
	➔ MetX.	43.18 ± 9.13 <sup>ab</sup>	42.99 ± 4.75 <sup>b</sup>	38.89 ± 5.32 <sup>a</sup>	47.83 ± 6.28 <sup>c</sup>	45.35 ± 3.77 <sup>bc</sup>	38.17 ± 4.55 <sup>a</sup>
	Esc. total <sup>***</sup>	72.27 ± 9.14 <sup>b</sup>	59.42 ± 7.62 <sup>a</sup>	57.88 ± 8.81 <sup>a</sup>	55.93 ± 5.35 <sup>a</sup>	61.05 ± 9.18 <sup>a</sup>	58.95 ± 11.13 <sup>a</sup>
Feixe de 2ª ordem	Comprimento	77.72 ± 16.57 <sup>a</sup>	67.60 ± 11.43 <sup>b</sup>	78.99 ± 14.37 <sup>a</sup>	78.93 ± 17.03 <sup>a</sup>	67.56 ± 11.66 <sup>b</sup>	56.54 ± 7.89 <sup>c</sup>
	Largura	42.72 ± 8.04 <sup>b</sup>	46.35 ± 7.58 <sup>bc</sup>	29.89 ± 10.69 <sup>a</sup>	43.18 ± 6.51 <sup>b</sup>	50.08 ± 9.84 <sup>c</sup>	41.04 ± 8.82 <sup>b</sup>
	Esc. total <sup>***</sup>	64.20 ± 8.79 <sup>c</sup>	56.84 ± 6.44 <sup>b</sup>	46.57 ± 5.50 <sup>a</sup>	57.35 ± 8.19 <sup>b</sup>	48.09 ± 5.44 <sup>a</sup>	40.76 ± 4.35 <sup>d</sup>
Feixe de 3ª ordem	Comprimento	40.36 ± 7.33 <sup>b</sup>	34.20 ± 6.61 <sup>a</sup>	33.40 ± 7.24 <sup>a</sup>	39.59 ± 5.40 <sup>b</sup>	39.44 ± 7.18 <sup>b</sup>	22.78 ± 5.97 <sup>c</sup>
	Largura	29.54 ± 4.80 <sup>b</sup>	32.89 ± 4.95 <sup>b</sup>	19.61 ± 6.36 <sup>a</sup>	29.44 ± 5.02 <sup>b</sup>	32.26 ± 4.70 <sup>b</sup>	21.68 ± 4.20 <sup>a</sup>
	Esc. total <sup>***</sup>	40.31 ± 5.62 <sup>b</sup>	38.23 ± 5.81 <sup>b</sup>	31.60 ± 5.46 <sup>a</sup>	37.03 ± 6.15 <sup>b</sup>	30.64 ± 3.72 <sup>a</sup>	29.07 ± 4.45 <sup>a</sup>

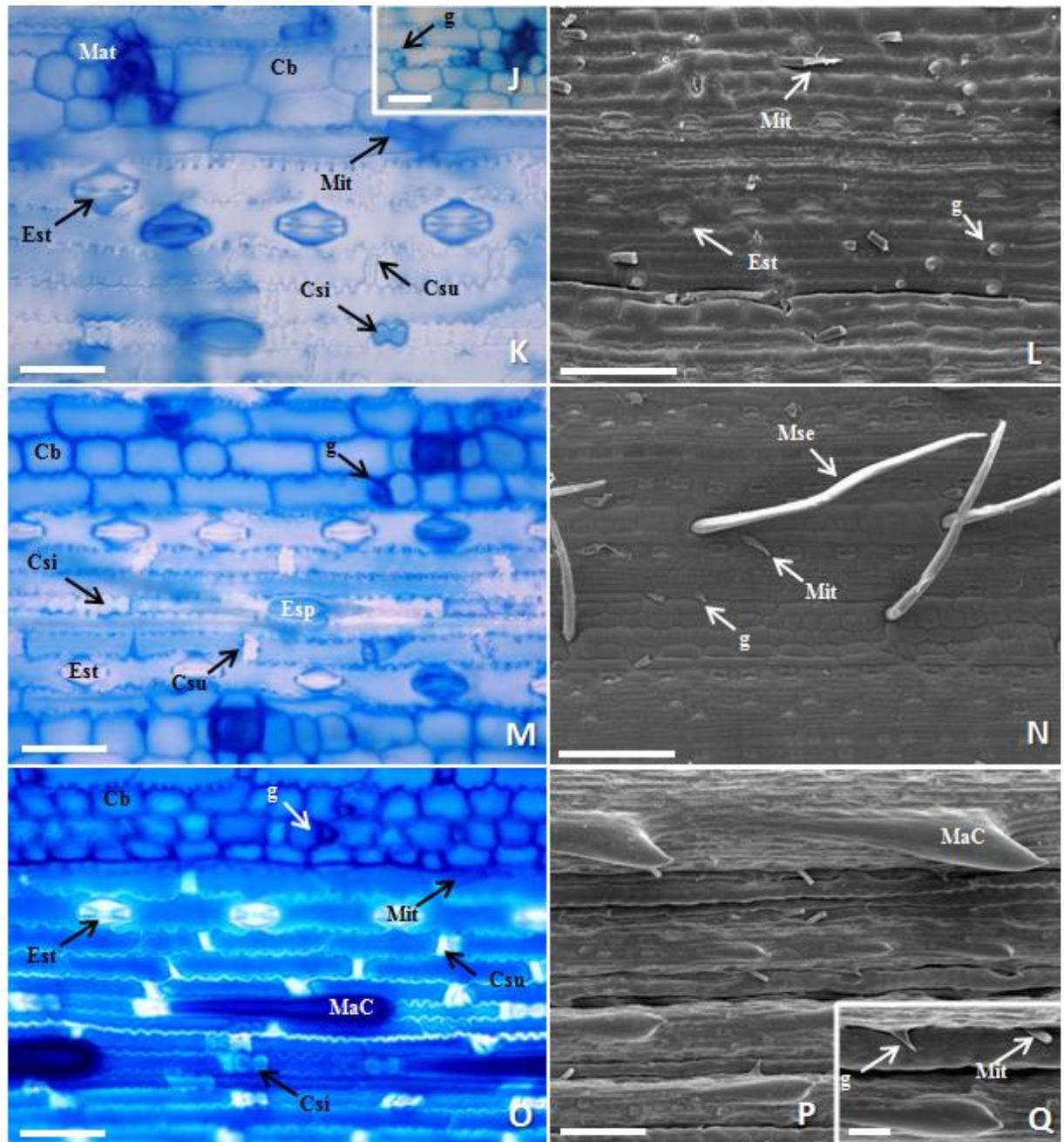
\* Os valores das médias de cada variável referem-se as espessuras das estruturas em micrômetros (µm)

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*\* Esclerênquima total: soma das espessuras das extensões de bainhas esclerenquimáticas voltadas para a face adaxial e abaxial da epiderme.



**Figura 6.** Secções paradérmicas da face adaxial das espécies de *Saccharum* estudadas sob microscopia óptica (à esquerda) e sob microscopia eletrônica de varredura (à direita). **A - C.** *S. angustifolium* (Ness) Trin. **A.** Estômatos em cúpula, células suberosas isoladas na zona intercostal e longa fileira de células curtas (até 60 células) na zona costal. **B.** Sulcos médios na epiderme. **C.** Detalhe dos microtricomas e ganchos entre as células buliformes. **D - F.** *S. asperum* (Ness) Steud. **D.** Estômatos triangulares e em cúpula e longa fileira de células curtas (até 60 células). **E.** Macrotricomas em almofada entre as células buliformes, e papilas nas células interestomáticas. **F.** Detalhe dos microtricomas entre as células buliformes e dos ganchos na zona intercostal. **G - I.** *S. villosum* Steud. **G.** Estômatos em cúpula e longa fileira de células curtas (até 60 células). **H.** Macrotricomas em almofada entre as células buliformes, e papilas nas células interestomáticas. **I.** Ganchos, microtricomas e macrotricomas entre as células buliformes. Cb. Células buliformes; Csi. célula silicificada; Csu. Célula suberosa; Esp. espinho; Est. Estômatos; g. gancho; Mat. Macrotricomas em *cushion hair*; MaC. Macrotricomas curtos de base larga; Mse. Macrotricomas sem células especializadas na base; Mit. Microtricomas; Pap. papila. Barra: 10  $\mu\text{m}$  (A, D, G, K, M e O); 20  $\mu\text{m}$  (C, F, I, J e Q); 50  $\mu\text{m}$  (B, E, H, L, N e P).



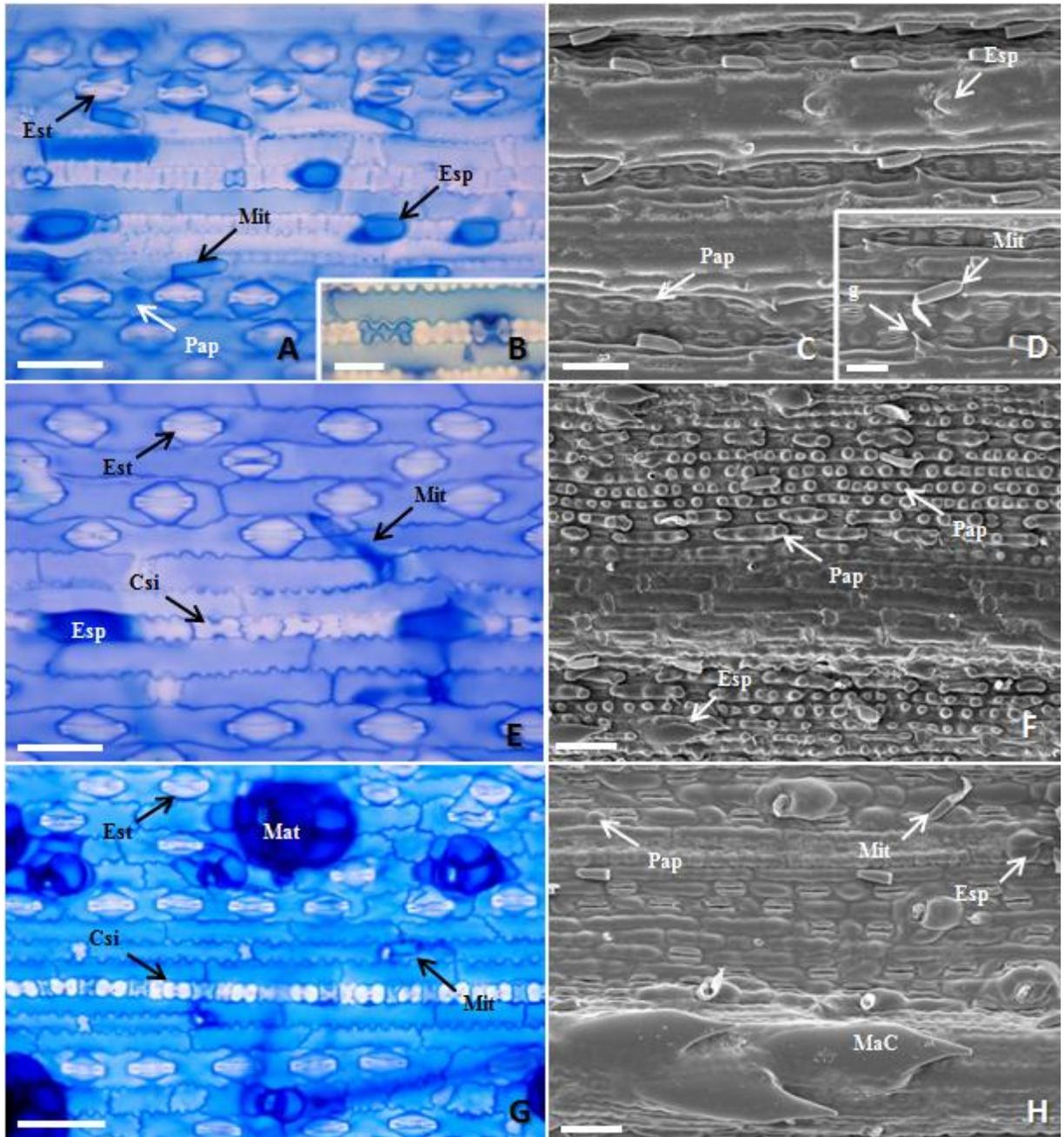
**Figura 6 (cont.).** Secções paradérmicas da face adaxial das espécies de *Saccharum* estudadas sob microscopia óptica (à esquerda) e sob microscopia eletrônica de varredura (à direita). **J - L.** *Saccharum* sp. 1. **J.** Detalhe dos ganchos, microtricomas e macrotricomas entre as células buliformes. **K.** Estômatos triangulares e longa fileira de células curtas (até 60 células). **L.** Microtricomas entre as células buliformes e ganchos na zona intercostal entre as células buliformes e as fileiras de estômatos. **M e N.** *Saccharum* sp. 2. **M.** Estômatos triangulares e em cúpula e longa fileira de células curtas (até 60 células), interrompidas por um espinho. **N.** Macrotricomas sem células especializadas na base e microtricomas entre as células buliformes. **O - Q.** *S. ravennae* (L.) L. **O.** Estômatos em cúpula, longa fileira de células curtas (até 60 células) na zona costal e espinhos longos e estreitos na zona costal. **P.** Macrotricomas curtos de base larga na zona costal da ala. **I.** Detalhe dos microtricomas e ganchos. Cb. Células buliformes; Csi. célula silicificada; Csu. Célula suberosa; Esp. espinho; Est. Estômatos; g. gancho; Mat. Macrotricomas em *cushion hair*; MaC. Macrotricomas curtos de base larga; Mse. Macrotricomas sem células especializadas na base; Mit. Microtricomas; Pap. papila. Barra: 10 µm (A, D, G, K, M e O); 20 µm (C, F, I, J e Q); 50 µm (B, E, H, L, N e P).

**Tabela 6.** Variáveis quantitativas <sup>(\*/\*\*)</sup> analisadas para a face adaxial da epiderme das espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp. 2; *S. rav.* *S. ravennae*. IE. Índice estomático. Csi. Célula silicificada. Csu. Célula suberosa. CL. Célula longa.

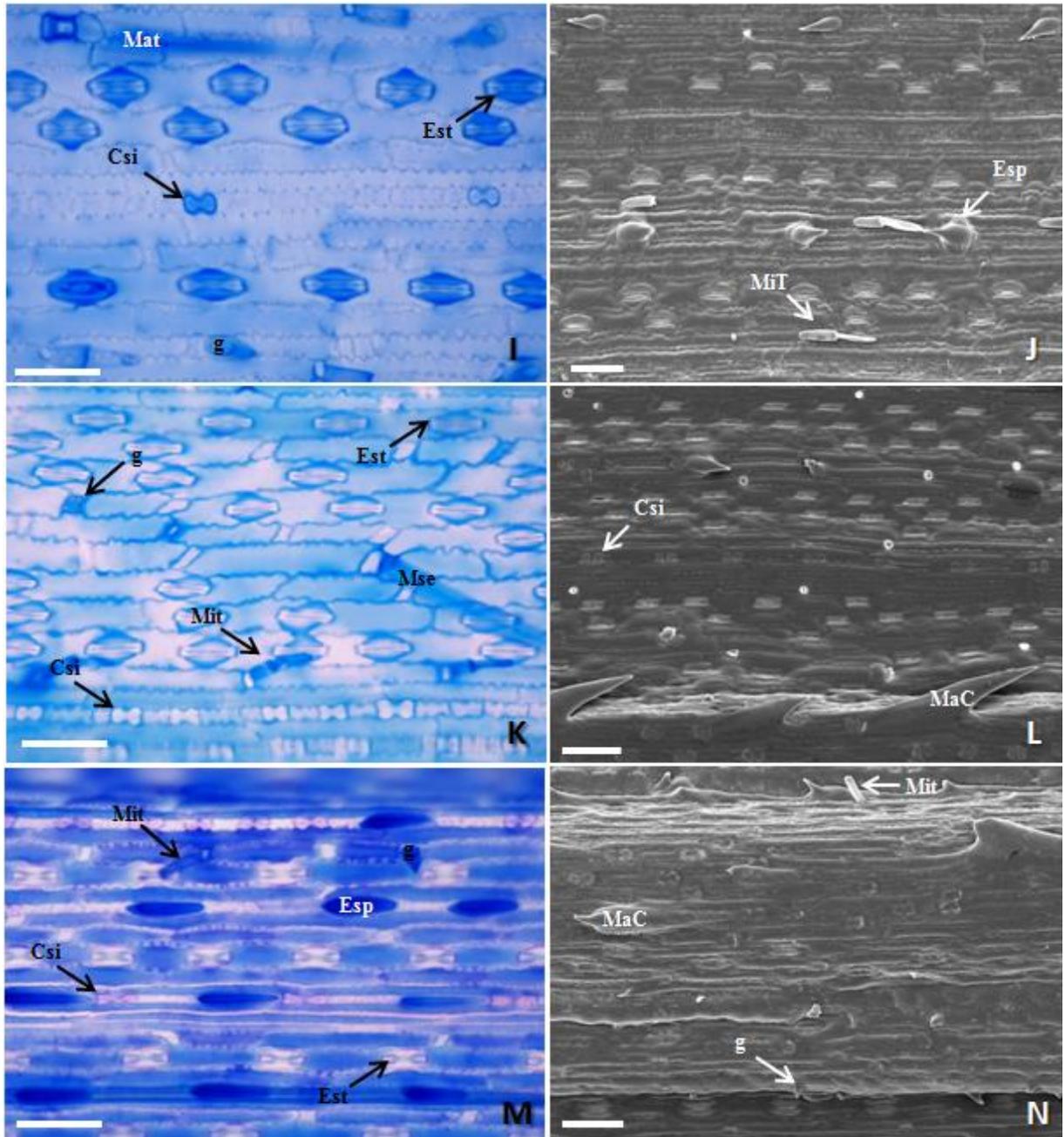
Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>
Estômato	Comp.	35.00 ± 3.10 <sup>a</sup>	33.33 ± 3.34 <sup>a</sup>	32.77 ± 3.69 <sup>a</sup>	41.03 ± 2.99 <sup>b</sup>	29.38 ± 2.77 <sup>b</sup>	28.82 ± 2.24 <sup>c</sup>
	Área	2715.50 ± 430.04 <sup>a</sup>	2270.23 ± 381.32 <sup>a</sup>	2302.52 ± 597.30 <sup>ab</sup>	3618.52 ± 481.49 <sup>c</sup>	1811.32 ± 298.75 <sup>bd</sup>	1505.23 ± 203.15 <sup>d</sup>
	IE	20.73 ± 4.71 <sup>b</sup>	27.68 ± 6.04 <sup>a</sup>	25.32 ± 6.07 <sup>a</sup>	27.35 ± 5.25 <sup>a</sup>	29.07 ± 5.83 <sup>a</sup>	14.84 ± 3.67 <sup>c</sup>
Célula interestomática		52.53 ± 12.72 <sup>a</sup>	74.29 ± 11.95 <sup>b</sup>	53.63 ± 12.77 <sup>a</sup>	32.77 ± 3.69 <sup>a</sup>	53.14 ± 10.93 <sup>a</sup>	63.01 ± 9.00 <sup>c</sup>
Célula buliforme (área)		1383.09 ± 496.65 <sup>b</sup>	1662.89 ± 491.68 <sup>b</sup>	1018.99 ± 307.50 <sup>a</sup>	1608.33 ± 333.04 <sup>b</sup>	1019.26 ± 279.27 <sup>a</sup>	437.59 ± 148.76 <sup>c</sup>
Zona costal	Csi Larg.	11.27 ± 2.08 <sup>a</sup>	12.51 ± 1.74 <sup>a</sup>	11.41 ± 1.88 <sup>a</sup>	14.26 ± 1.97 <sup>b</sup>	12.11 ± 1.62 <sup>a</sup>	9.74 ± 1.44 <sup>c</sup>
	Comp.	19.78 ± 2.05 <sup>b</sup>	20.60 ± 2.84 <sup>b</sup>	16.41 ± 2.96 <sup>a</sup>	16.70 ± 2.00 <sup>a</sup>	14.30 ± 2.00 <sup>c</sup>	14.26 ± 2.82 <sup>c</sup>
	Csu Larg.	14.07 ± 2.39 <sup>ab</sup>	13.52 ± 2.78 <sup>ab</sup>	12.72 ± 2.82 <sup>a</sup>	14.71 ± 2.70 <sup>b</sup>	12.24 ± 1.91 <sup>a</sup>	11.29 ± 2.18 <sup>c</sup>
	Comp.	16.34 ± 5.39 <sup>b</sup>	15.08 ± 3.26 <sup>b</sup>	10.54 ± 2.81 <sup>a</sup>	13.66 ± 3.01 <sup>b</sup>	10.46 ± 2.69 <sup>a</sup>	9.05 ± 2.62 <sup>a</sup>
	CL Larg.	14.06 ± 2.76 <sup>a</sup>	16.16 ± 3.10 <sup>b</sup>	13.70 ± 2.02 <sup>a</sup>	17.63 ± 2.36 <sup>b</sup>	13.56 ± 2.04 <sup>a</sup>	10.97 ± 2.19 <sup>c</sup>
Zona intercostal	Comp.	110.08 ± 27.34 <sup>b</sup>	114.97 ± 22.21 <sup>b</sup>	134.80 ± 24.33 <sup>a</sup>	118.67 ± 19.32 <sup>b</sup>	90.68 ± 17.97 <sup>c</sup>	89.25 ± 18.80 <sup>c</sup>
	Csu Larg.	19.72 ± 2.29 <sup>b</sup>	18.23 ± 3.15 <sup>b</sup>	16.09 ± 2.13 <sup>a</sup>	23.37 ± 3.03 <sup>c</sup>	15.72 ± 2.23 <sup>ad</sup>	13.82 ± 2.56 <sup>d</sup>
	Comp.	103.86 ± 15.63 <sup>b</sup>	103.22 ± 25.07 <sup>b</sup>	80.12 ± 20.37 <sup>a</sup>	88.96 ± 19.41 <sup>a</sup>	80.09 ± 15.47 <sup>a</sup>	85.79 ± 18.71 <sup>a</sup>
	CL Larg.	16.78 ± 2.95 <sup>b</sup>	14.41 ± 2.51 <sup>a</sup>	13.87 ± 1.96 <sup>a</sup>	19.74 ± 2.98 <sup>c</sup>	14.40 ± 2.07 <sup>a</sup>	11.12 ± 2.01 <sup>d</sup>
	Comp.	14.15 ± 2.82 <sup>a</sup>	9.75 ± 1.90 <sup>b</sup>	13.66 ± 2.50 <sup>a</sup>	9.93 ± 1.97 <sup>b</sup>	10.14 ± 2.77 <sup>b</sup>	8.31 ± 1.75 <sup>b</sup>
Microtricomas	Comp.	73.53 ± 9.09 <sup>c</sup>	60.79 ± 6.52 <sup>b</sup>	51.92 ± 6.42 <sup>a</sup>	62.57 ± 6.25 <sup>b</sup>	48.65 ± 5.89 <sup>a</sup>	48.62 ± 5.24 <sup>a</sup>
	Larg.	11.03 ± 1.72 <sup>a</sup>	10.54 ± 1.31 <sup>a</sup>	10.57 ± 1.34 <sup>a</sup>	11.22 ± 1.10 <sup>a</sup>	10.18 ± 1.06 <sup>a</sup>	7.33 ± 1.08 <sup>b</sup>
Macrotricomas (freq. 20x)		0.23 ± 0.57 <sup>c</sup>	6.80 ± 4.11 <sup>b</sup>	18.90 ± 4.92 <sup>a</sup>	6.43 ± 1.70 <sup>b</sup>	10.80 ± 2.30 <sup>b</sup>	-

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm)

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 7.** Seções paradérmicas da face abaxial das espécies de *Saccharum* estudadas sob microscopia óptica (à esquerda) e sob microscopia eletrônica de varredura (à direita). **A - D.** *S. angustifolium* (Nees) Trin. **A.** Estômatos triangulares e em cúpula e longa fileira de células curtas (mais de 60 células) na zona costal. **B.** Detalhe das células silicificadas nodulares e halteriformes. **C.** MEV evidenciando os sulcos apresentados na epiderme e papilas nas células interestomáticas. **D.** Detalhe dos ganchos e microtricomas na zona costal. **E e F.** *S. asperum* (Nees) Steud. **E.** Estômatos triangulares e em cúpula e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **F.** Grandes papilas nas células interestomática e células longas intercostais e espinhos na zona intercostal. **G e H.** *S. villosum* Steud. **G.** Estômatos em cúpula e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **H.** Macrotricomas curtos de base larga e espinhos na zona costal, microtricomas na zona intercostal e papilas nas células interestomáticas. Csi. Célula silicificada; Csu. Célula suberosa; Esp. espinho; Est. Estômato; g. gancho; Mat. Macrotricomas em *cushion hair*; MaC. Macrotricomas curtos de base larga; Mse. Macrotricomas sem células especializadas na base; Mit. microtricomas, Pap. papila. Barra: 10  $\mu$ m (A, E, G, I, K e M); 20  $\mu$ m (B e D); 50  $\mu$ m (C, F, H, J, L e N).



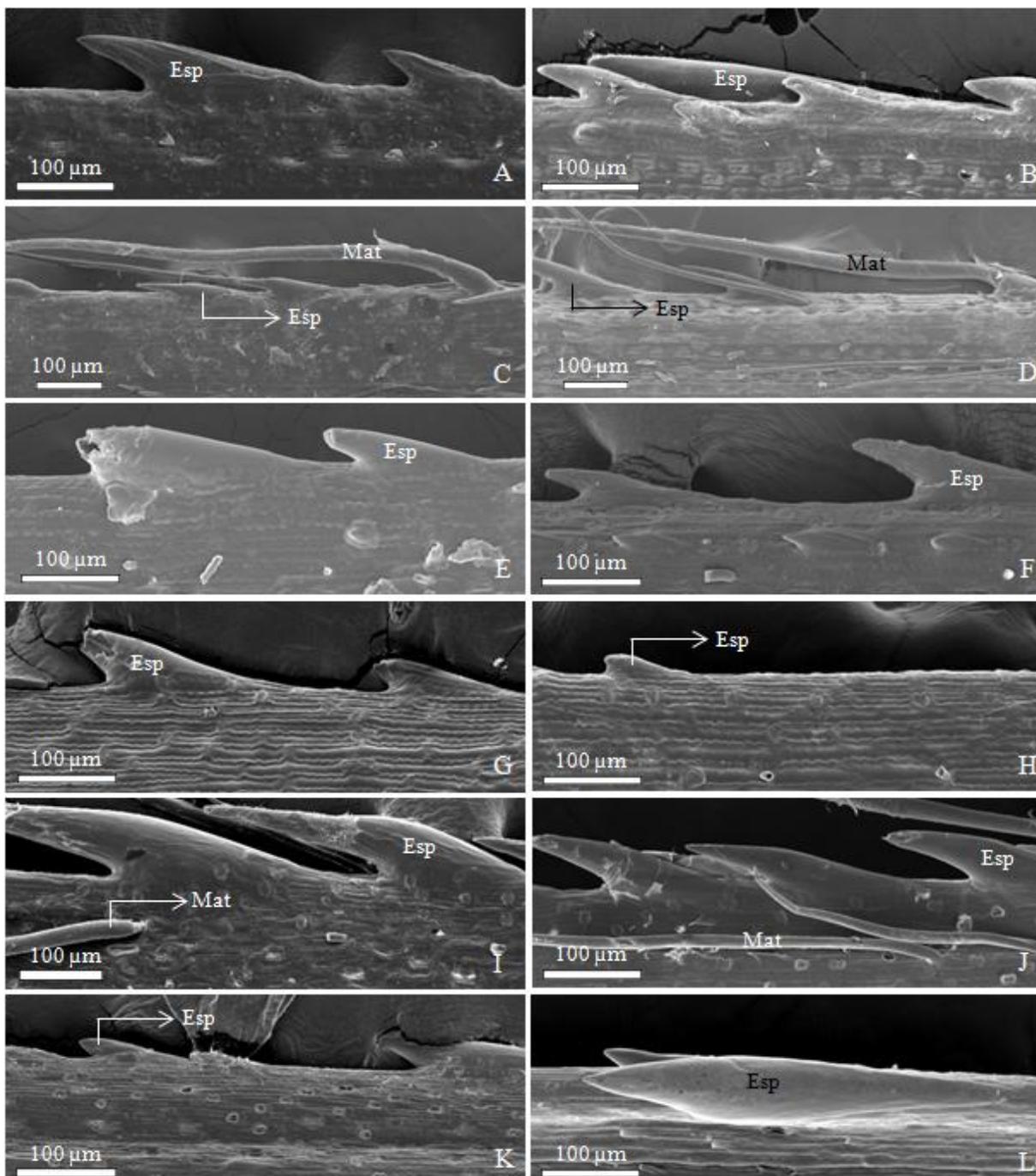
**Figura 7 (cont.).** Seções paradérmicas da face adaxial das espécies de *Saccharum* estudadas sob microscopia óptica (à esquerda) e sob microscopia eletrônica de varredura (à direita). **I e J.** *Saccharum* sp. 1. **I.** Estômatos triangulares e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **J.** Microtricomas e espinhos na zona costal. **K e L.** *Saccharum* sp. 2. **K.** Estômatos triangulares, macrotricomas sem células especializadas na base, microtricomas, gancho e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **L.** Macrotricomas curtos de base larga na zona costal. **M e N.** *S. ravennae* (L.) L. **M.** Estômatos em cúpula, longa fileira de células curtas (até 60 células) na zona costal interrompida por espinhos longos e estreitos. **N.** Macrotricomas curtos de base larga, microtricomas e ganchos na zona costal. Csi. Célula silicificada; Csu. Célula suberosa; Esp. espinho; Est. Estômato; g. gancho; Mat. Macrotricomas em *cushion hair*; MaC. Macrotricomas curtos de base larga; Mse. Macrotricomas sem células especializadas na base; Mit. microtricomas, Pap. papila. Barra: 10 µm (A, E, G, I, K e M); 20 µm (B e D); 50 µm (C, F, H, J, L e N).

**Tabela 7.** Variáveis quantitativas <sup>(\*/\*\*)</sup> analisadas para a face abaxial da epiderme das espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp RV; *S. rav.* *S. ravennae*. IE. Índice estomático. Csi. Célula silicificada. Csu. Célula suberosa. CL. Célula longa.

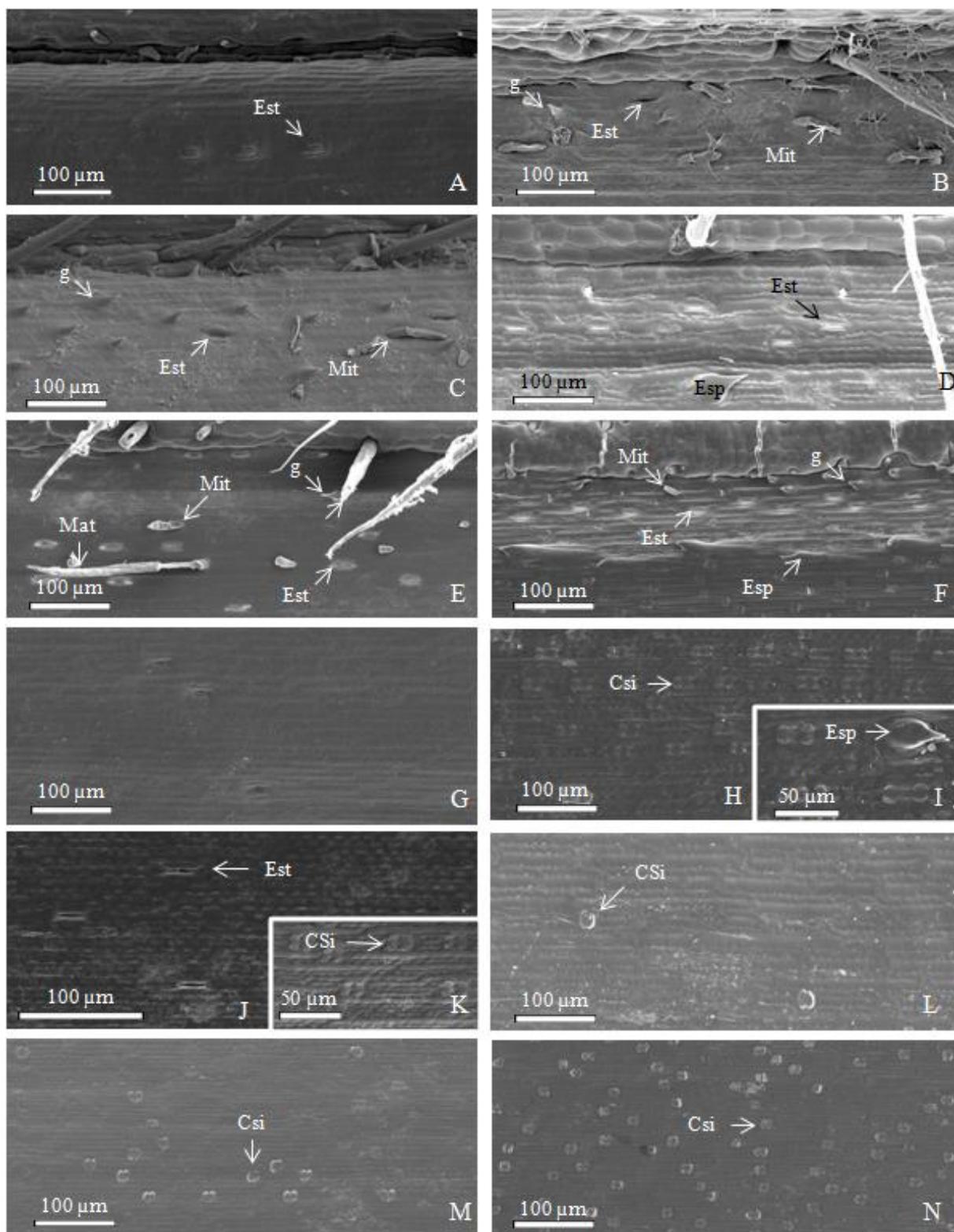
Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>
Estômato	Comp.	33.30 ± 3.61 <sup>a</sup>	32.96 ± 3.41 <sup>a</sup>	33.38 ± 4.45 <sup>a</sup>	36.91 ± 3.47 <sup>b</sup>	29.76 ± 4.78 <sup>c</sup>	50.83 ± 4.65 <sup>d</sup>
	Área	2114.13 ± 414.20 <sup>ab</sup>	2379.33 ± 473.79 <sup>b</sup>	1964.74 ± 346.58 <sup>a</sup>	2791.06 ± 377.65 <sup>c</sup>	3544.07 ± 480.56 <sup>d</sup>	4284.10 ± 564.81 <sup>e</sup>
	ÍE	31.57 ± 4.72 <sup>a</sup>	39.86 ± 4.71 <sup>b</sup>	33.71 ± 5.24 <sup>a</sup>	30.44 ± 5.79 <sup>a</sup>	38.23 ± 3.49 <sup>b</sup>	17.18 ± 3.72 <sup>c</sup>
Célula interestomática		39.31 ± 9.35 <sup>a</sup>	57.53 ± 12.64 <sup>b</sup>	36.25 ± 14.62 <sup>a</sup>	42.06 ± 11.83 <sup>a</sup>	40.05 ± 10.36 <sup>a</sup>	44.65 ± 9.33 <sup>a</sup>
Zona costal	Csi Larg.	10.24 ± 1.97 <sup>a</sup>	12.49 ± 2.08 <sup>b</sup>	9.52 ± 1.96 <sup>a</sup>	12.23 ± 1.49 <sup>b</sup>	9.89 ± 1.94 <sup>a</sup>	16.46 ± 2.62 <sup>c</sup>
	Comp.	16.03 ± 2.71 <sup>b</sup>	16.09 ± 3.70 <sup>b</sup>	19.64 ± 3.51 <sup>a</sup>	18.80 ± 2.52 <sup>a</sup>	15.89 ± 3.26 <sup>b</sup>	32.61 ± 4.14 <sup>c</sup>
	Csu Larg.	11.50 ± 2.43 <sup>ab</sup>	12.37 ± 2.80 <sup>b</sup>	9.75 ± 2.03 <sup>a</sup>	12.71 ± 2.94 <sup>b</sup>	9.68 ± 2.01 <sup>a</sup>	13.53 ± 3.29 <sup>b</sup>
	Comp.	18.45 ± 4.55 <sup>b</sup>	19.85 ± 4.27 <sup>b</sup>	13.70 ± 4.20 <sup>a</sup>	14.63 ± 3.68 <sup>a</sup>	11.88 ± 3.39 <sup>a</sup>	24.65 ± 5.19 <sup>c</sup>
	CL Larg.	14.26 ± 2.52 <sup>b</sup>	14.59 ± 2.93 <sup>b</sup>	12.41 ± 2.22 <sup>a</sup>	14.30 ± 2.18 <sup>b</sup>	12.44 ± 1.83 <sup>a</sup>	10.53 ± 2.66 <sup>c</sup>
Zona intercostal	Comp.	74.24 ± 16.28 <sup>b</sup>	105.91 ± 23.35 <sup>a</sup>	106.35 ± 22.28 <sup>a</sup>	105.70 ± 17.74 <sup>a</sup>	89.81 ± 15.86 <sup>c</sup>	160.14 ± 24.00 <sup>d</sup>
	Csu Larg.	14.37 ± 2.17 <sup>a</sup>	14.11 ± 2.94 <sup>a</sup>	13.03 ± 2.12 <sup>a</sup>	16.98 ± 2.43 <sup>b</sup>	11.01 ± 1.89 <sup>c</sup>	16.56 ± 2.33 <sup>b</sup>
	Comp.	12.47 ± 2.78 <sup>a</sup>	10.46 ± 2.84 <sup>a</sup>	11.82 ± 3.36 <sup>a</sup>	10.97 ± 2.12 <sup>a</sup>	10.88 ± 2.28 <sup>a</sup>	17.22 ± 3.20 <sup>b</sup>
	CL Larg.	12.71 ± 2.16 <sup>b</sup>	15.21 ± 2.11 <sup>a</sup>	14.84 ± 2.25 <sup>a</sup>	18.72 ± 2.39 <sup>c</sup>	13.67 ± 1.66 <sup>b</sup>	10.21 ± 1.99 <sup>d</sup>
Microtricomas	Comp.	83.82 ± 14.99 <sup>b</sup>	86.00 ± 19.67 <sup>b</sup>	59.08 ± 18.27 <sup>a</sup>	95.37 ± 18.32 <sup>b</sup>	82.63 ± 18.89 <sup>b</sup>	116.73 ± 18.02 <sup>c</sup>
	Larg.	65.34 ± 6.73 <sup>c</sup>	57.41 ± 6.49 <sup>b</sup>	49.50 ± 8.60 <sup>a</sup>	63.60 ± 9.04 <sup>c</sup>	45.19 ± 6.78 <sup>a</sup>	71.19 ± 9.43 <sup>d</sup>
Macrotricomas (freq. 20x)	Larg.	9.68 ± 0.95 <sup>ab</sup>	10.38 ± 1.35 <sup>b</sup>	8.86 ± 1.33 <sup>a</sup>	11.45 ± 1.18 <sup>c</sup>	9.52 ± 1.16 <sup>ab</sup>	7.11 ± 0.99 <sup>d</sup>
		-	0.63 ± 1.00 <sup>b</sup>	31.40 ± 9.01 <sup>a</sup>	1.20 ± 0.81 <sup>bc</sup>	3.97 ± 3.68 <sup>c</sup>	-

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm)

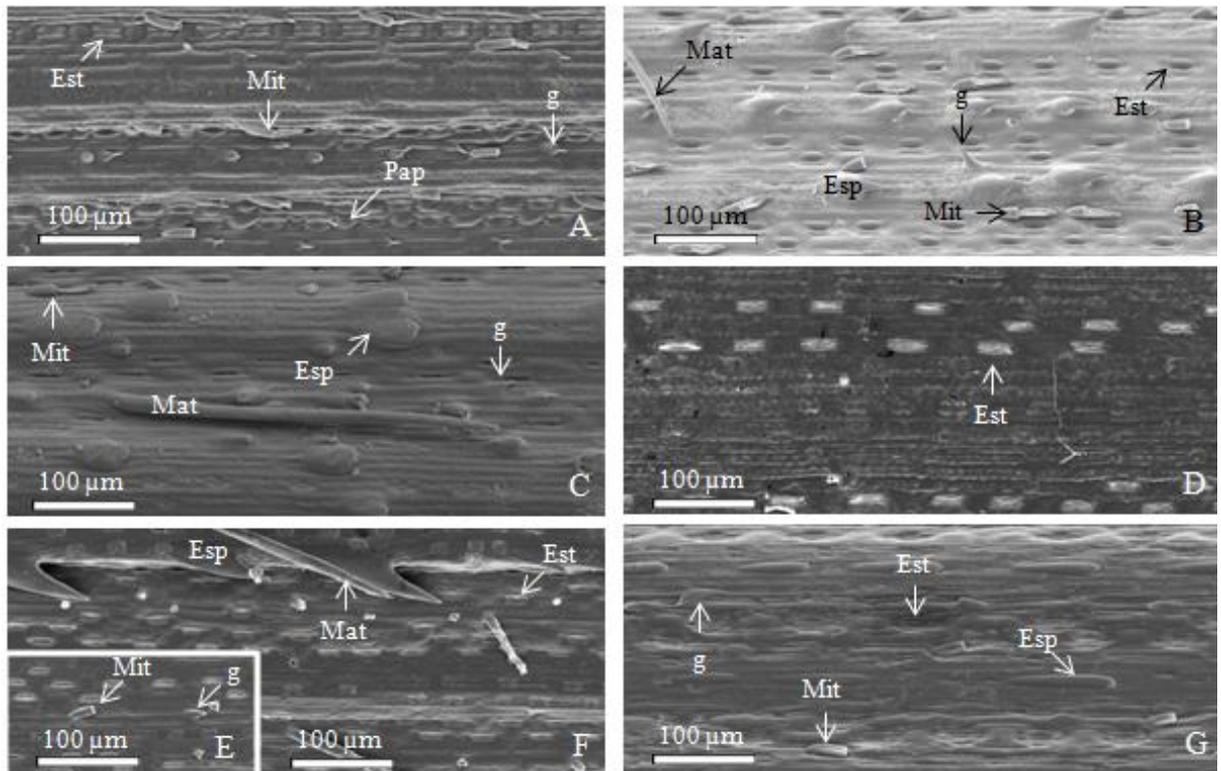
\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 8.** Vista frontal da região do bordo 01 (à esquerda) e bordo 02 (à direita). **A e B.** *Saccharum angustifolium* (Ness) Trin. **A.** Espinhos médios, próximos e em apenas uma fileira. **B.** Espinhos curtos e médios, próximos e em mais de 1 fileira. **C e D.** *Saccharum asperum* (Ness) Steud. **C.** Espinhos longos, distantes e em mais de uma fileira, nota-se macrotricomas. **D.** Espinhos longos, distantes e em apenas uma fileira, nota-se macrotricomas. **E e F.** *Saccharum villosum* Steud. **E.** Espinhos médios, próximos e em apenas uma fileira. **F.** Espinhos curtos e médios, distantes e em apenas uma fileira. **G e H.** *Saccharum* sp. 1. **G.** Espinhos curtos e médios, próximos e em apenas uma fileira. **H.** Espinhos curtos, distantes e em apenas uma fileira. **I e J.** *Saccharum* sp. 2. **I.** Espinhos médios, muito próximos e em apenas uma fileira, nota-se macrotricomas. **J.** Espinhos médios, muito próximos e em mais de uma fileira. **K e L.** *Saccharum ravennae* (L.) L. **K.** Espinhos curtos, distantes e em apenas uma fileira. **L.** Espinhos médios, próximos e em mais de uma fileira. Mat. Macrotricomas; Esp. espinho.



**Figura 9.** Secções paradérmicas da face adaxial da nervura central das espécies de *Saccharum* estudadas sob microscopia de varredura. **A – F.** Região da margem; nota-se a variação dos tipos de tricomas, estômatos sempre presentes. **G – M.** Região Central. **A.** *Saccharum angustifolium* (Ness) Trin. **B.** *Saccharum asperum* (Ness) Steud. **C.** *Saccharum villosum* Steud. **D.** *Saccharum* sp. 1. **E.** *Saccharum* sp. 2. **F.** *Saccharum ravennae* (L.) L. **G.** *S. angustifolium*, evidenciando poucos estômatos entre as células longas. **H e I.** *S. asperum*. **H.** Evidenciando um grande número de células silicificadas. **I.** Detalhe do espinho. **J e K.** *S. villosum*. **J.** Detalhe dos estômatos. **K.** Detalhe das células silicificadas. **L.** *Saccharum* sp. 1 com poucas células silicificadas entre as células longas. **M.** *Saccharum* sp. 2, evidenciando médio número de células silicificadas. **N.** *S. ravennae*, evidenciando um grande número de células silicificadas entre as células longas. Est. Estômato; Mat. Macrotricomas; Mit. Microtricomas; Esp. espinho; g. Gancho; Csi. célula silicificada.



**Figura 10.** Seções paradérmicas da face abaxial da nervura central das espécies de *Saccharum* estudadas sob microscopia de varredura. **A.** *Saccharum angustifolium* (Ness) Trin., ganchos e microtricomas na zona costal e papilas nas células interestomáticas. **B.** *Saccharum asperum* (Ness) Steud., microtricomas, espinhos e ganchos na zona costal e macrotricomas na zona intercostal. **C.** *Saccharum villosum* Steud., microtricomas e espinhos na zona costal e macrotricomas e ganchos na zona intercostal. **D.** *Saccharum* sp. 1, observa-se pouca quantidade de tricomas e apenas duas fileiras de estômatos na zona intercostal. **E e F.** *Saccharum* sp. 2, E. Detalhe dos microtricomas e ganchos na zona costal. F. Espinhos na zona costal e macrotricomas na zona intercostal. **G.** *Saccharum ravennaei* (L.) L., evidenciando espinhos e ganchos na zona costal e microtricomas na zona intercostal. Est. Estômato; Mat. Macrotricomas; Mit. Microtricomas; Esp. espinho; g. Gancho.

**Tabela 8.** Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2; *S. rav.* *S. ravennae*. AB. Abaxial. AD. Adaxial. CB. Célula buliforme. CL. Célula longa. FVs. Feixes vasculares; NC. Nervura central.

Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>	
Lâmina foliar - cortes transversais	1 Contorno da NC somente plano-convexo	0	1	0	0	1	0	
	2 Contorno da NC plano-convexo ou côncavo-convexo	0	0	1	1	0	1	
	3 Contorno da NC somente côncavo-convexo	1	0	0	0	0	0	
	4 Bordos iguais (além de diferentes)	0	1	1	0	0	0	
	Formato geral	5 Sulcos médios adaxiais	1	0	0	1	1	0
		6 Sulcos profundos adaxiais	0	1	1	0	0	0
		7 Reentrâncias adaxiais	0	0	0	0	0	1
		8 Face abaxial Plana	0	0	0	1	0	0
	9 Ondulações abaxiais	0	1	1	0	0	1	
	10 Sulcos leves abaxiais	1	0	0	0	1	0	
	Bordos 01	11 1 a 2 feixes vasculares	1	1	0	1	1	1
		12 3 a 4 feixes vasculares	0	0	1	0	0	0
		13 Presença de Fibras (sob o feixe vascular)	1	0	1	0	0	0
		14 Bordo com estreitamento voltado para a face adaxial (além de agudo)	0	1	1	0	0	0
		15 Bordo com extremidade arredondada (além de agudo)	1	1	0	0	0	0
		16 Fibras na extremidade de posição central	1	1	1	1	0	1
		17 Fibras na extremidade voltada para a face adaxial	0	1	1	0	1	0
		18 Fibras na extremidade voltada para a face abaxial	0	1	0	0	0	0
	Bordos 02	19 Presença de Fibras (sob o feixe vascular)	1	1	1	0	1	1
		20 Bordo com extremidade aguda	1	1	1	0	0	1
		21 Bordo com estreitamento voltado para a face adaxial	1	1	1	0	1	0
		22 Bordo com extremidade arredondada	0	0	0	1	0	0
		23 Contorno do bordo linear	1	1	1	1	1	0
		24 Contorno do bordo revoluto	0	0	0	0	0	1
		25 Fibras na extremidade voltada para a face AD (além de central)	1	1	1	0	0	0
		26 Fibras na extremidade voltada para a face AB (além de central)	0	1	0	0	0	0

**Tabela 8 (cont).** Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2; *S. rav.* *S. ravennae*. AB. Abaxial. AD. Adaxial. CB. Célula buliforme. CL. Célula longa. FVs. Feixes vasculares; NC. Nervura central.

Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>		
Lâmina foliar - cortes transversais	Bordos 01 e 02	<sup>27</sup> Fibras (extremidade) - até 10 camadas	1	1	1	0	1	0	
		<sup>28</sup> Fibras (extremidade) - acima de 10 camadas	0	0	0	1	0	1	
	Mesofilo		<sup>29</sup> CB ocupam acima de 20,01% do mesofilo	0	1	0	0	0	1
			<sup>30</sup> CB ocupam até 20% do mesofilo	1	0	1	1	1	0
			<sup>31</sup> Células incolores da face adaxial e abaxial iguais	0	0	0	0	1	0
			<sup>32</sup> Células incolores da face adaxial e abaxial diferentes	1	1	1	1	0	1
			<sup>33</sup> Grande quantidade de células incolores na face adaxial	1	1	0	1	0	0
			<sup>34</sup> Pouca quantidade de células incolores na face adaxial	0	0	1	0	1	1
	Feixes vasculares da ala		<sup>35</sup> Feixes de 1ª ordem elípticos (além do formato circular)	1	1	1	1	0	1
			<sup>36</sup> Feixes de 1ª ordem ovais (além do formato circular)	0	1	1	1	1	1
			<sup>37</sup> Extensão AB em forma de "T" nos feixes de 1ª ordem (além de cordões)	0	1	1	0	0	0
			<sup>38</sup> Extensão AD e AB a partir de 7 camadas nos feixes de 1ª ordem	0	0	0	0	0	1
			<sup>39</sup> Extensão AD e AB até 6 camadas nos feixes de 1ª ordem	1	1	1	1	1	0
			<sup>40</sup> Macrotricomos curtos sobre os FVs de 1ª ordem	1	0	0	0	0	1
			<sup>41</sup> Feixes de 2ª ordem circular (além do formato elíptico)	0	1	0	1	1	0
			<sup>42</sup> Feixes de 2ª ordem oval (além do formato elíptico)	0	0	0	0	0	1
			<sup>43</sup> Feixes de 2ª ordem que podem apresentar bainha parenquimática incompleta	0	1	1	1	1	1
			<sup>44</sup> Extensão parenquimática nos FVs de 2ª ordem	1	0	0	0	0	1
			<sup>45</sup> Extensão AD em forma de "T" nos feixes de 2ª ordem (além de cordões)	1	1	0	0	0	0
			<sup>46</sup> Extensão AB em forma de "T" nos feixes de 2ª ordem (além de cordões)	0	1	0	0	0	0
			<sup>47</sup> Até 12 FVs entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos	1	1	1	0	1	1
			<sup>48</sup> A partir de 13 FVs entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos	0	0	0	1	0	0

**Tabela 8 (cont).** Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2; *S. rav.* *S. ravennae*. AB. Abaxial. AD. Adaxial. CB. Célula buliforme. CL. Célula longa. FVs. Feixes vasculares; NC. Nervura central.

Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>	
Lâmina foliar - cortes transversais	NC (geral)	<sup>49</sup> A partir de 15 camadas de células incolores na NC	0	0	0	0	0	1
		<sup>50</sup> Até 14 camadas de células incolores na NC	1	1	1	1	1	0
	Feixes vasculares da NC	<sup>51</sup> Feixe de 1º ordem central elíptico (além de circular)	1	1	0	1	0	0
		<sup>52</sup> Feixes de 1º ordem laterais circulares (além de elíptico)	0	1	0	1	1	1
		<sup>53</sup> Extensão AB a partir de 13 camadas nos feixes de 1ª ordem	0	0	0	1	0	0
		<sup>54</sup> Extensão AB até 12 camadas nos feixes de 1ª ordem	1	1	1	0	1	1
		<sup>55</sup> Bainha parenquimática completa (além de incompleta) nos feixes de 2ª ordem	1	0	1	0	0	0
		<sup>56</sup> Feixe de 3º ordem elíptico (além de circular)	0	1	0	0	1	0
		<sup>57</sup> Bainha parenquimática completa nos feixes de 3ª ordem	1	1	1	1	1	0
		<sup>58</sup> Bainha parenquimática incompleta nos feixes de 3ª ordem	0	1	1	1	1	1
<sup>59</sup> Poucos FVs (até 20 feixes)	1	1	1	0	1	0		
<sup>60</sup> Muitos FVs (a partir de 21 feixes)	1	1	0	1	0	1		
Face adaxial da ala	<sup>61</sup> Até 5 fileiras	0	1	0	1	1	0	
	<sup>62</sup> Acima de 5 fileiras	1	0	1	0	0	1	
	<sup>63</sup> Células longas com paredes anticlinais horizontais sinuosas	1	1	1	1	1	0	
	<sup>64</sup> Células longas com paredes anticlinais horizontais lisas	1	0	0	0	0	0	
	Zona costal	<sup>65</sup> Células suberosas em pares sílico-suberosos (além de isoladas e longas fileiras até 60 células)	1	1	1	0	1	1
		<sup>66</sup> Células suberosas aos pares (além de isoladas e longas fileiras até 60 cél.)	1	1	0	0	1	1
		<sup>67</sup> Células suberosas de contorno liso	1	1	1	1	0	1
	<sup>68</sup> Células suberosas de contorno sinuoso	1	1	1	1	1	0	
	<sup>69</sup> Células silicificadas de formato nodular (além de halteriforme e cruciforme)	1	1	1	0	0	1	

**Tabela 8 (cont).** Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2; *S. rav.* *S. ravennae*. AB. Abaxial. AD. Adaxial. CB. Célula buliforme. CL. Célula longa. FVs. Feixes vasculares; NC. Nervura central.

Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>
Face adaxial da ala	Zona intercostal						
	<sup>70</sup> Até 3 fileiras de estômatos	1	0	0	0	0	1
	<sup>71</sup> Acima de 3 fileiras de estômatos	0	1	1	1	1	0
	<sup>72</sup> Índice estomático até 25%	1	0	0	0	0	1
	<sup>73</sup> Índice estomático entre 25-35%	0	1	1	1	1	0
	<sup>74</sup> Fileira de estômatos mais próxima à CB contínua	0	1	1	0	1	0
	<sup>75</sup> Fileira de estômatos mais próxima à CB interrompida	1	0	0	1	0	1
	<sup>76</sup> Células subsidiárias de formato triangular (além do formato em cúpula)	1	1	1	1	1	0
	<sup>77</sup> Células interestomáticas de comprimento médio	1	0	1	0	1	0
	<sup>78</sup> Células interestomáticas de comprimento longo	0	1	0	1	0	1
	<sup>79</sup> Células interestomáticas com paredes anticlinais lisas (além de levemente sinuosas)	1	1	0	0	1	0
	<sup>80</sup> Células interestomáticas com paredes anticlinais sinuosas (além de levemente sinuosas)	1	1	0	1	0	0
	<sup>81</sup> CL com paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas	1	1	1	0	1	1
	<sup>82</sup> Células longas com paredes anticlinais horizontais sinuosas	1	1	1	1	0	0
	<sup>83</sup> Célula suberosa de contorno sinuoso	1	1	1	1	1	0
	<sup>84</sup> Célula suberosa de contorno liso	1	1	1	1	0	1
<sup>85</sup> Comprimento das células longas intercostais e costais iguais	1	1	0	0	0	1	
<sup>86</sup> Comprimento das células longas intercostais menores que as da na zona costal	0	0	1	1	1	0	
<sup>87</sup> Largura das células suberosas intercostais maiores que as da na zona costal	1	0	0	1	1	0	
<sup>88</sup> Largura das células suberosas intercostais e costais iguais	0	1	1	0	0	1	
<sup>89</sup> Comprimento das células suberosas intercostais maiores que as da zona costal	0	0	1	0	0	0	
<sup>90</sup> Comprimento das células suberosas intercostais iguais que as da zona costal	1	0	0	0	1	1	
<sup>91</sup> Comprimento das células suberosas menores que as da zona costal	0	1	0	1	0	0	

**Tabela 8 (cont).** Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2; *S. rav.* *S. ravennae*. AB. Abaxial. AD. Adaxial. CB. Célula buliforme. CL. Célula longa. FVs. Feixes vasculares; NC. Nervura central.

Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>	
Face adaxial da epiderme	Tricomas	<sup>92</sup> Macrotricomas em almofada e entre as CB	1	1	1	1	0	0
		<sup>93</sup> Macrotricomas sem célula especializada na base e entre as CB	0	0	1	0	1	0
		<sup>94</sup> Macrotricomas curtos de base larga	1	0	0	0	0	1
		<sup>95</sup> Macrotricomas abundantes	0	0	1	0	0	0
		<sup>96</sup> Macrotricomas frequentes	0	1	0	1	1	0
		<sup>97</sup> Macrotricomas escassos	1	0	0	0	0	0
		<sup>98</sup> Microtricomas na zona costal	1	1	1	0	0	0
		<sup>99</sup> Microtricomas na zona intercostal entre as CB	1	1	1	1	1	0
		<sup>100</sup> Microtricomas com célula distal maior que a basal	1	1	1	1	1	0
		<sup>101</sup> Microtricomas com célula basal maior que a distal	0	0	0	0	0	1
		<sup>102</sup> Ganchos presentes na zona intercostal e entre as CB	1	1	1	1	1	0
		<sup>103</sup> Papilas inconspícuas nas células interestomáticas	1	0	1	0	0	0
		<sup>104</sup> Papilas evidentes nas células interestomáticas	1	1	1	0	0	0
		<sup>105</sup> Papilas presentes nas células longas intercostais	0	1	1	0	0	0
		Face abaxial da epiderme	Zona costal	<sup>106</sup> CL com paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas	1	0	0	1
<sup>107</sup> CL com paredes anticlinais horizontais sinuosas	1			1	1	1	0	0
<sup>108</sup> Células suberosas aos pares (além de isoladas e longas fileiras)	1			1	0	1	0	0
<sup>109</sup> Células suberosas em pares sílico-suberosos (além de isoladas e longas fileiras)	0			1	1	0	1	1
<sup>110</sup> Células suberosas de contorno liso (além de sinuoso)	1			1	0	0	1	0
<sup>111</sup> Células silicificadas isoladas (além de em longas fileiras)	0			1	1	0	0	0
<sup>112</sup> Células silicificadas em pares sílico-suberosos (além de em longas fileiras)	0			1	1	0	1	1
<sup>113</sup> Células silicificadas de formato nodular e cruciforme (além de halteriforme)	1			1	1	0	1	1
<sup>114</sup> Longas fileiras de células curtas com até 60 células	0			0	0	0	0	1
<sup>115</sup> Longas fileiras de células curtas com mais de 60 células	1			1	1	1	1	0

**Tabela 8 (cont).** Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2; *S. rav.* *S. ravennae*. AB. Abaxial. AD. Adaxial. CB. Célula buliforme. CL. Célula longa. FVs. Feixes vasculares; NC. Nervura central.

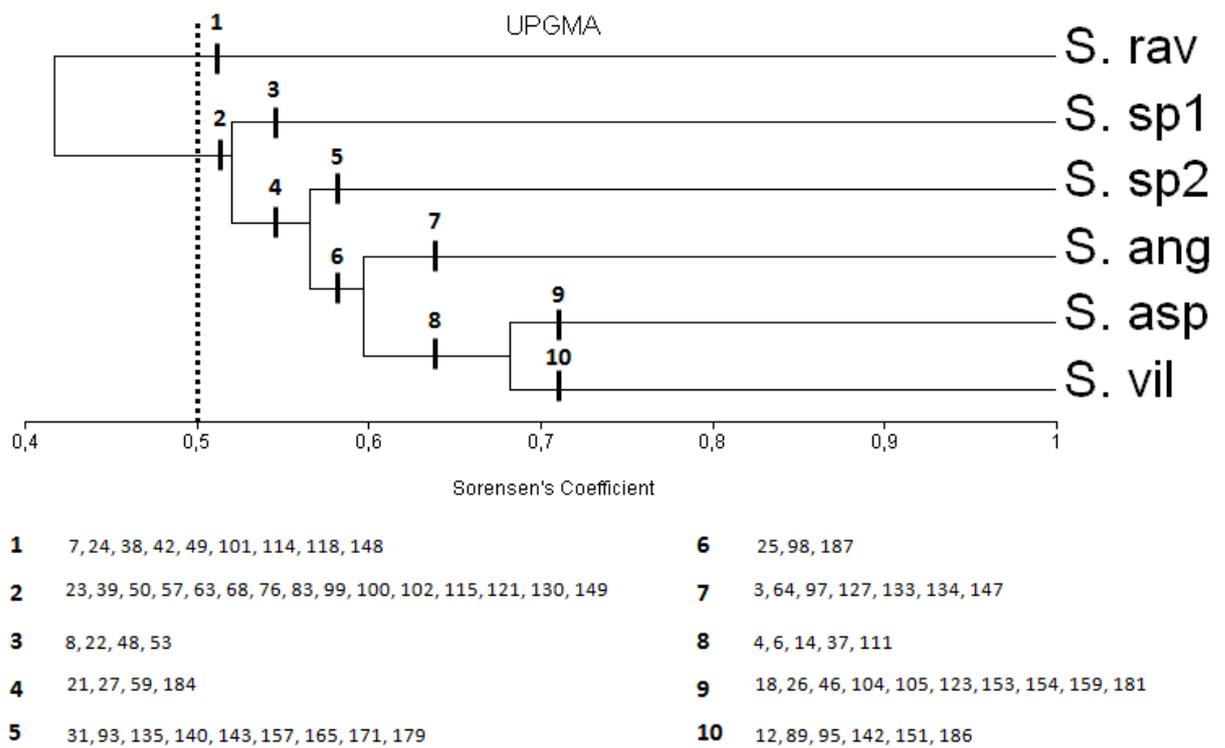
Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>	
Face abaxial da epiderme	Zona intercostal	<sup>116</sup> Até 3 fileiras de estômatos	1	1	0	1	0	1
		<sup>117</sup> Acima de 3 fileiras de estômatos	0	0	1	0	1	0
		<sup>118</sup> Índice estomático até 25%	0	0	0	0	0	1
		<sup>119</sup> Índice estomático entre 25-35%	1	0	1	1	0	0
		<sup>120</sup> Índice estomático acima de 35%	0	1	0	0	1	0
		<sup>121</sup> Células subsidiárias de formato triangular (além do formato em cúpula)	1	1	1	1	1	0
		<sup>122</sup> Células interestomáticas de comprimento curto	1	0	1	1	1	1
		<sup>123</sup> Células interestomáticas de comprimento longo	0	1	0	0	0	0
		<sup>124</sup> Células interestomáticas com paredes anticlinais horizontais lisas	1	1	0	0	0	0
		<sup>125</sup> Células interestomáticas com paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas	1	1	1	0	1	1
		<sup>126</sup> Células interestomáticas com paredes anticlinais horizontais sinuosas	0	1	0	1	0	0
		<sup>127</sup> CL com paredes anticlinais horizontais lisas	1	0	0	0	0	0
		<sup>128</sup> CL com paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas	1	1	0	0	1	0
		<sup>129</sup> CL com paredes anticlinais horizontais sinuosas	1	1	1	1	0	1
		<sup>130</sup> Célula suberosa de contorno sinuoso (além de liso)	1	1	1	1	1	0
		<sup>131</sup> Largura das células longas intercostais maiores que as da zona costal	0	0	1	1	0	0
		<sup>132</sup> Largura das células longas intercostais e costais iguais	0	1	0	0	1	1
		<sup>133</sup> Largura das células longas intercostais menores que as da zona costal	1	0	0	0	0	0
<sup>134</sup> Comprimento das células longas intercostais maiores que as da zona costal	1	0	0	0	0	0		
<sup>135</sup> Comprimento das células longas intercostais e costais iguais	0	0	0	0	1	0		
<sup>136</sup> Comprimento das células longas intercostais menores que as da zona costal	0	1	1	1	0	1		
<sup>137</sup> Largura das células suberosas intercostais e costais iguais	0	0	1	0	1	0		
<sup>138</sup> Largura das células suberosas intercostais menor que as da zona costal	1	1	0	1	0	1		

**Tabela 8 (cont).** Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2; *S. rav.* *S. ravennae*. AB. Abaxial. AD. Adaxial. CB. Célula buliforme. CL. Célula longa. FVs. Feixes vasculares; NC. Nervura central.

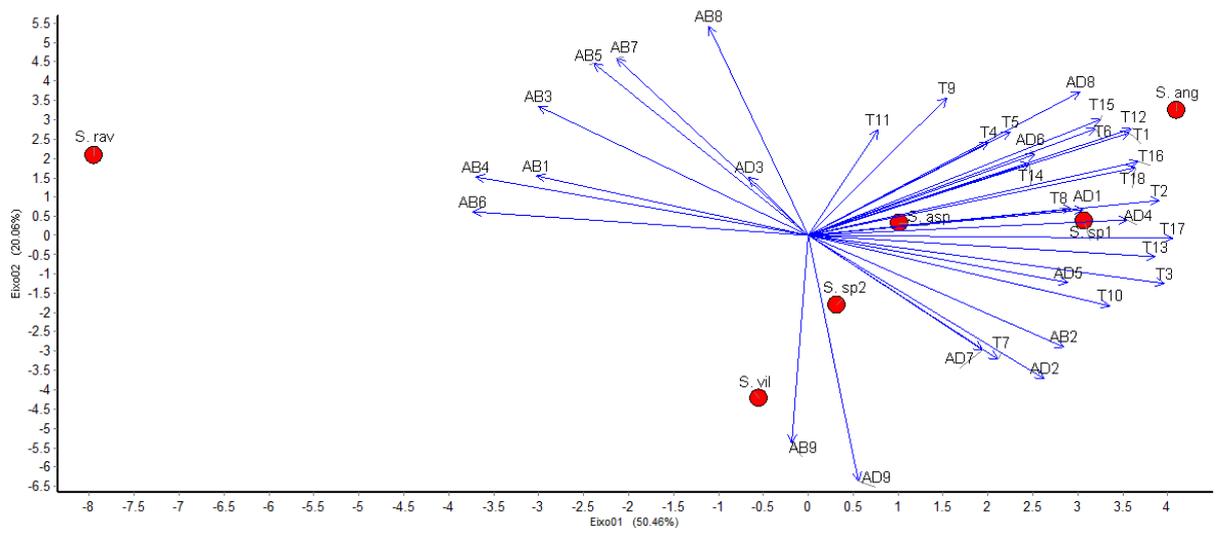
Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>	
Face abaxial da epiderme	Tricomas	<sup>139</sup> Macrotricomas em almofada	0	1	1	1	0	0
		<sup>140</sup> Macrotricomas sem célula especializada na base	0	0	1	0	1	0
		<sup>141</sup> Macrotricomas curtos de base larga	1	0	1	0	1	1
		<sup>142</sup> Macrotricomas abundantes	0	0	1	0	0	0
		<sup>143</sup> Macrotricomas frequente	0	0	0	0	1	0
		<sup>144</sup> Macrotricomas escassos	0	1	0	1	0	0
		<sup>145</sup> Microtricomas na zona costal (além da zona intercostal)	1	1	1	1	0	0
		<sup>146</sup> Microtricomas com célula distal maior que a basal	0	1	1	1	1	0
		<sup>147</sup> Microtricomas com célula basal e distal iguais	1	0	0	0	0	0
		<sup>148</sup> Microtricomas com célula basal maior que a distal	0	0	0	0	0	1
		<sup>149</sup> Ganchos presentes na zona costal	1	1	1	1	1	0
		<sup>150</sup> Ganchos presentes na zona intercostal	1	1	1	0	1	1
		<sup>151</sup> Espinhos presentes na zona intercostal (além da costal)	0	0	1	0	0	0
		<sup>152</sup> Papilas inconspícuas nas células interestomáticas	1	0	1	0	0	0
<sup>153</sup> Papilas evidentes nas células interestomáticas	0	1	0	0	0	0		
<sup>154</sup> Papilas presentes em células longas	0	1	1	0	0	0		
Bordos (vista frontal)	Bordo 01	<sup>155</sup> Espinhos curtos (além de médios)	0	0	1	1	1	1
		<sup>156</sup> Espinhos longos (além de médios)	1	1	0	0	0	0
		<sup>157</sup> Espinhos muito próximos entre si (além de próximos)	0	0	0	0	1	0
		<sup>158</sup> Espinhos distantes entre si (além de próximos)	0	1	1	0	0	1
		<sup>159</sup> Mais de uma fileira de espinhos (além de apenas 1 fileira)	0	1	0	0	0	0
		<sup>160</sup> Apenas 1 fileira de espinhos	1	0	1	1	1	1
		<sup>161</sup> Presença de macrotricomas	0	1	0	0	1	0
Bordo 02	<sup>162</sup> Espinhos curtos	1	0	1	1	0	0	
	<sup>163</sup> Espinhos médios	1	1	1	0	1	1	
	<sup>164</sup> Espinhos longos	1	1	1	0	1	1	

**Tabela 8 (cont).** Matriz de dados com os caracteres distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis espécies de *Saccharum* estudadas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp 2; *S. rav.* *S. ravennae*. AB. Abaxial. AD. Adaxial. CB. Célula buliforme. CL. Célula longa. FVs. Feixes vasculares; NC. Nervura central.

Caracteres analisados		<i>S. ang</i>	<i>S. asp</i>	<i>S. vil</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	<i>S. rav</i>	
Bordos (vista frontal)	Bordo 02	<sup>165</sup> Espinhos muito próximos entre si	0	0	0	0	1	0
		<sup>166</sup> Espinhos próximos entre si	1	0	0	0	0	1
		<sup>167</sup> Espinhos distantes entre si	0	1	1	1	0	0
		<sup>168</sup> Mais de uma fileira de espinhos (além de apenas 1 fileira)	1	0	0	0	1	1
		<sup>169</sup> Apenas 1 fileira de espinhos	0	1	1	1	0	0
		<sup>170</sup> Presença de macrotricomas	0	1	1	0	1	0
Face adaxial da NC	Margem	<sup>171</sup> Presença de macrotricomas	0	0	0	0	1	0
		<sup>172</sup> Presença de microtricomas	0	1	1	0	1	1
		<sup>173</sup> Presença de ganchos	0	1	1	0	1	1
		<sup>174</sup> Presença de espinho	0	0	0	1	0	1
		<sup>175</sup> Presença de estômatos	1	0	1	0	0	0
	Central	<sup>176</sup> Células silicificadas de formato halteriforme	0	1	1	1	1	1
		<sup>177</sup> Células silicificadas de formato cruciforme	0	1	1	0	0	1
		<sup>178</sup> Células silicificadas abundantes	0	1	0	0	0	1
		<sup>179</sup> Células silicificadas frequentes	0	0	0	0	1	0
		<sup>180</sup> Células silicificadas raras	0	0	1	1	0	0
		<sup>181</sup> Presença de espinho	0	1	0	0	0	0
Face abaxial da NC (tricomas)	<sup>182</sup> Presença de macrotricomas	0	1	1	1	1	0	
	<sup>183</sup> Microtricomas na zona costal (além da zona intercostal)	1	1	1	1	0	0	
	<sup>184</sup> Ganchos presentes na zona costal	1	1	1	0	1	0	
	<sup>185</sup> Ganchos presentes na zona intercostal	1	1	1	0	1	1	
	<sup>186</sup> Espinhos presentes na zona intercostal (além da costal)	0	0	1	0	0	0	
	<sup>187</sup> Papilas presentes nas células interestomáticas	1	1	1	0	0	0	



**Figura 11.** Análise de conglomerados para as espécies de *Saccharum* presentes no Brasil com base nos 178 estados de caracteres considerados discriminantes (tab. 8). A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade e mostra *S. ravennae* (grupo externo) bem distinto das espécies brasileiras (2<sup>a</sup> grupo). Dentro do grupo das espécies nativas nota-se que as espécies não descritas taxonomicamente são mais distintas que as espécies descritas. Os números no gráfico referem-se as características distintas para cada clado (ver Tab. 8). *S. ang.* *S. angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum* sp. 1; *S. sp2.* *Saccharum* sp. 2. *S. rav.* *S. ravennae*.



**Figura 12.** Análise de componentes principais (PCA) com as variáveis quantitativas escolhidas (ver Tabela 9). Nota-se a separação de *S. ravennae* das espécies nativas. *S. ang.* *Saccharum angustifolium*; *S. asp.* *S. asperum*; *S. vil.* *S. villosum*; *S. sp1.* *Saccharum sp. 1*; *S. sp2.* *Saccharum sp. 2*. *S. rav.* *S. ravennae*.

**Tabela 9.** Características quantitativas presentes nas tabelas 3, 6 e 7 utilizadas na análise de componentes principais (PCA) com suas respectivas siglas e escores para os dois primeiros eixos da PCA. Valores percentuais da variância dos dois primeiros eixos e o valor acumulado pelos mesmos. Valores com asterisco significa que são fortemente relacionados com o eixo (explicação maior que 20% da variação). FV<sub>1</sub>. Feixe de 1ª ordem; FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem; FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3ª ordem; ZIc. Zona intercostal; ZC. Zona costal.

Tipo de secção	Sigla	Característica	Eixo 1	Eixo 2
Transversal	T1	Espessura da lâmina foliar	0.2058*	0.1539
	T2	Altura das células epidérmicas adaxiais	0.2254*	0.0523
	T3	Altura das células epidérmicas abaxiais	0.2281*	-0.0721
	T4	Espessura da cutícula adaxial	0.1161	0.1397
	T5	Espessura da cutícula abaxial	0.1299	0.1550
	T6	Comprimento dos FV <sub>1</sub>	0.1843	0.1587
	T7	Largura dos FV <sub>1</sub>	0.1218	-0.1840
	T8	Diâmetro do metaxilema nos FV <sub>1</sub>	0.1693	0.0407
	T9	Esclerênquima total dos FV <sub>1</sub>	0.0891	0.2050*
	T10	Comprimento dos FV <sub>2</sub>	0.1933	-0.1045
	T11	Largura dos FV <sub>2</sub>	0.0450	0.1571
	T12	Esclerênquima total dos FV <sub>2</sub>	0.2074*	0.1597
	T13	Comprimento dos FV <sub>3</sub>	0.2226*	-0.0322
	T14	Largura dos feixes FV <sub>3</sub>	0.1419	0.1076
	T15	Esclerênquima total FV <sub>3</sub>	0.1877	0.1729
	T16	Espessura das células incolores adaxiais	0.2119*	0.1100
	T17	Espessura das células incolores abaxiais	0.2335*	-0.0049
	T18	Distância entre os feixes vasculares	0.2100*	0.1010
Face adaxial da epiderme	AD1	Área do complexo estomático	0.1762	0.0388
	AD2	Índice estomático	0.1511	-0.2143*
	AD3	Comprimento das células interestomáticas	-0.0382	0.0868
	AD4	Área das células buliformes	0.2050*	0.0237
	AD5	Comprimento das células silicificadas	0.1668	-0.0699
	AD6	Largura das células silicificadas	0.1452	0.1205
	AD7	Comprimento das células longas (ZC)	0.1118	-0.1717
	AD8	Comprimento dos microtricomas	0.1743	0.2143*
	AD9	Freq. dos macrotricomas (objetiva de 20x)	0.0320	-0.3667*
Face abaxial da epiderme	AB1	Área do complexo estomático	-0.1748	0.0891
	AB2	Índice estomático	0.1641	-0.1670
	AB3	Comprimento das células silicificadas	-0.1732	0.1923
	AB4	Largura das células silicificadas	-0.2136*	0.0880
	AB5	Comprimento das células suberosas (ZC)	-0.1379	0.2568*
	AB6	Comprimento das células longas (ZC)	-0.2155*	0.0351
	AB7	Comprimento das células longas (ZIc)	-0.1235	0.2652*
	AB8	Comprimento dos microtricomas	-0.0639	0.3122*
	AB9	Freq. dos macrotricomas (objetiva de 20x)	-0.0104	-0.3094*
% da variação explicativa			50.456	20.057
% da variação acumulada				70.512

## CAPÍTULO 3<sup>5</sup>

### Variações intraespecíficas da lâmina foliar de *Saccharum villosum* Steud. (Poaceae) no estado de Goiás, Brasil.

---

<sup>5</sup> Para este capítulo seguiu-se as normas da revista FLORA – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants.

## Resumo

*Saccharum villosum* Steud. possui ampla ocorrência/distribuição no Brasil, o que reflete na sua diversidade morfológica e anatômica. Procurou-se estudar as variações intraespecíficas e a influência de fatores ambientais nas características estruturais da lâmina foliar. Para tal foram utilizadas seis populações coletadas em diferentes locais do Estado de Goiás-Brasil (MD, M, C, A, G, PNE). Com base em caracteres anatômico-taxonômicos as populações foram separadas em dois grupos, sendo MD e M distintas das demais apresentando maior similaridade entre si. Acredita-se que a enorme variedade anatômica apresentada por estes espécimes seja porque mais de uma espécie esteja envolvida dentro da atual circunscrição da espécie e que MD e M sejam um grupo mais relacionado com a atual circunscrição de *S. villosum*. Ecologicamente, verificou-se que 42,839% da variação apresentada por *S. villosum*, em sua circunscrição atual, é explicada por fatores ambientais, sendo a temperatura o fator mais relacionado às variações estruturais. Por ocorrer em ambientes brejosos e, ainda assim, possuir uma série de características xeromórficas, admitiu-se a presença de escleromorfismo oligotrófico para a espécie em questão.

**Palavras-chave:** Cerrado, espécie nativa, gramínea, variações estruturais, influência ambiental.

## Abstract

*Saccharum villosum* Steud. has wide occurrence/distribution in Brazil, that reflects on your morphologic and anatomic diversity. It was studied the intraspecific variations and the influence of environmental factors on the leaf blade structures characteristics. Therefore, six populations collected in different places from Goiás State of Brazil (MD, M, C, A, G, PNE) were used. Based on anatomic and taxonomic characters, populations were separated into two groups, where MD and M are different from the others, presenting greater similarity with each other. It is believed that the great anatomic variety presented by this specimens is because of more than one species is involved into the current species description and that MD and M form a group more related with the current circumscription of *S. villosum*. Ecologically, it was found that 42,839% of the variation presented by *S. villosum*, in your current circumscription, is explicated by environmental factors, where temperature is the one that is more related to structural variations. By the fact that it occurs in marsh environments and, even so, has many xeromorphic characteristics, it was assumed the presence of sclerophylly oligotrophic for the species in question.

**Keywords:** Cerrado vegetation, native species, grass, structural variation, environmental influence.

## Introdução

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupa uma área de 2 milhões de km<sup>2</sup>, que corresponde a 25% do território nacional e é reconhecido internacionalmente como um dos 25 *hotspots* para conservação (Resende e Guimarães, 2007). De acordo com Sarmiento (1992) a flora herbáceo-graminosa no Cerrado é considerada bem distinta daquela dos demais biomas, consistindo de muitas espécies quase exclusivas deste ecossistema.

Para o bioma como um todo foram compiladas 6.429 espécies de plantas vasculares (Salgado e Galinkin, 2004), sendo Poaceae constituída por 670 espécies, divididos em 121 gêneros (Filgueiras, 2003); segundo Coutinho (2002) esta é a família de maior expressão na vegetação herbácea. *Saccharum* (Andropogoneae: Poaceae) possui grande importância econômica uma vez que é utilizado na produção do açúcar e do etanol (Cheavegatti-Gianotto et al., 2011). Conforme Filgueiras e Welker (2012) há três espécies nativas deste gênero: *Saccharum angustifolium* (Nees) Trin. *S. asperum* (Nees) Steud. e *S. villosum* Steud., as duas últimas ocorrem no Cerrado (Mendonça et al., 1998).

*Saccharum villosum* Steud. possui ampla distribuição, desde o México até o Brasil e Argentina (Molina, 1981; Filgueiras, 2003). No Brasil ela é encontrada em diversos estados (Filgueiras e Welker, 2012).

Taxonomicamente esta espécie é sinônimo de *Erianthus balansae* Hack., *E. clandestinus* Swallen, *E. glabrinodes* (Hack.) Swallen, *E. purpureus* Swallen, algumas subvariedades de *E. saccharoides* Michx. e de *E. trinii*, *Saccharum balansae* (Hack.) Roberty, *S. giganteum* Trin. Ex Hack., *S. trinii* (Hack.) Renvoize e algumas variedades de *Spondiopogon foliatus* E. Fourn (Filgueiras, 2003). Apesar da morfologia reprodutiva mostrar-se mais constante, esta espécie apresenta uma grande variabilidade, principalmente no que se refere ao porte e indumento da parte vegetativa (Welker e Longhi-Wagner, 2012).

A classificação e nomenclatura do gênero sempre se mostraram um desafio. Um dos motivos foi à alocação de espécies de outros gêneros dentro de *Saccharum* (Cheavegatti-Gianotto et al., 2011). Estudos anatômicos são altamente significativos, especialmente quando associados aos aspectos fisiológicos, ecológicos e comparativos, subsidiando trabalhos taxonômicos (Metcalf e Chalk, 1979). De acordo com Londoño (2011) a anatomia tem desempenhado um papel importante em estudos sistemáticos de Poaceae, tornando-se uma ferramenta básica nos sistemas de classificação.

Além de sua importância taxonômica, a arquitetura, morfologia e anatomia foliar de espécies vegetais são importantes indicadores para compreender a ecologia e o habitat em que ocupam (Aguiar e Preisinger, 2002), uma vez que muitos caracteres morfológicos e anatômicos estão claramente relacionados às condições ambientais (Aliscioni, 2000).

A anatomia foliar é predominante nas análises sobre variação intraespecíficas, uma vez que a folha é o órgão que mais facilmente expressa as mudanças ocorridas no ambiente (Esau, 1974; Menezes et al., 2006; Carrera, 2008) e que apresenta maior plasticidade fenotípica (Bonates, 2007). A anatomia ecológica tem como objetivo identificar a influência de fatores ambientais expressos nas características fenotípicas (Montefusco, 2005).

Em Poaceae, trabalhos sobre variações estruturais relacionadas ao meio ambiente são mais raros que aqueles sobre enfoque sistemático. Em relação à *Saccharum* poucos trabalhos como os de Ferreira et al. (2007) e García e Jáuregui (2008) podem ter alguma implicação ecológica, entretanto tais estudos tiveram como objeto apenas *S. officinarum* L.

Diante desta situação e tendo em vista a grande variabilidade morfológica relatada para *S. villosum* procurou-se, então, estudar a variação intraespecífica apresentada por esta espécie no Estado de Goiás. E a relação das mudanças estruturais com as características ambientais a que ela está submetida.

## **Metodologia**

### **Material vegetal**

Amostras de seis populações de *S. villosum* foram coletadas em diferentes regiões do Estado de Goiás (Tab. 1). A figura 1 mostra a distribuição destas populações no Estado de Goiás. Parte do material coletado foi herborizado e depositado no Herbário da Universidade de Brasília (UB) e outra foi fixada para estudos anatômicos. O material testemunho foi identificado pelo Professor Dr. Tarciso de Sousa Filgueiras

Para o estudo foram utilizadas lâminas foliares de, pelo menos, três indivíduos de cada população. As folhas escolhidas eram adultas, completamente expandidas e que não apresentavam defeito ou doença.

Foram selecionadas porções do terço médio da segunda e/ou terceira da lâmina foliar de cada população, contando do ápice para a base do ramo da inflorescência, preservadas em

etanol 70% (Jensen, 1962), sendo processado no Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade de Brasília - UnB.

### Microscopia óptica

Para as secções transversais da lâmina foliar foram feitos cortes à mão livre em micrótomo de Ranvier (R. Jungag Heidelberg). Para amaciar os tecidos, quando necessário, as amostras foram imersas em solução de água destilada e glicerina 1:1 e colocadas em estufa a 40°C por aproximadamente 1 hora e seguida de um vácuo por 15 minutos.

Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio 30% e 50%, durante 5 e 2 horas, respectivamente (Kraus e Arduin, 1997); as soluções foram trocadas a cada hora. Corados com safranina 1% e azul de alcião 1% (1:4) (Luque et al., 1996), desidratados em série etílica, diafanizados em acetato de butila e montadas em resina sintética (Paiva et al., 2006).

Para análise da epiderme, porções dos materiais foram submetidas à solução de Franklin (1945 *apud* Kraus e Arduin, 1997) (na concentração 2:1, com alteração no peróxido de hidrogênio, usado a 60%) por um período de aproximadamente 4 a 5 horas em placa aquecedora a 150°C ou em estufa a 80°C por um período de 2 a 5 dias. As amostras paradérmicas foram coradas com azul de metileno 1% aquoso com bórax (Langeron, 1949), desidratadas em série etílica, diafanizadas em acetato de butila e montadas em resina sintética (Paiva et al., 2006).

Cerca de 30 exemplares de lâminas permanentes, entre transversais e paradérmicas, obtidas de cada população foram confeccionados e depositados no laminário do Laboratório de Anatomia Vegetal da UnB, como testemunha do material utilizado.

### Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A fixação específica foi feita com solução de Karnovsky (1965 – *apud* Bozzola e Russel, 1992). O fixador foi trocado por uma solução de acetona 70% e álcool 70% (1:1) e levado ao sonicador a 37°C por cerca de 7 horas para retirar o excesso de cera presente nas lâminas foliares. O material foi desidratado em série acetônica crescente até a saturação, secos ao ponto crítico de CO<sub>2</sub> (Balzers CPD 030), montados em porta espécimen e cobertos com ouro por dois minutos (Balzers SCD 050) e, posteriormente, examinado em microscópio

eletrônico de varredura JEOL JSM-7001F no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Departamento de Biologia Celular da UnB.

#### Análise do material histológico

Os caracteres analisados seguem metodologia de Graciano-Ribeiro et al. (2006); a terminologia utilizada segue o que foi descrito por Ellis (1976; 1979). Foram considerados bordos a região posterior ao último feixe vascular de 1ª ou 2ª ordem cuja extensão da bainha esclerenquimática projeta uma saliência na face adaxial da epiderme.

A face adaxial da nervura central em vista paradérmica, uma vez que esta não apresenta distinção entre zona costal e intercostal, foi dividida em região marginal (com no máximo 15 fileiras de células contando da fileira imediatamente seguinte às células buliformes) e região central (localizada entre as duas regiões marginais). Para a face abaxial da nervura central foram avaliadas as mesmas características da face abaxial da ala, exceto presença de células suberosas pela impossibilidade de visualizá-las sob microscopia de varredura. Para facilitar a distinção entre as populações, categorias para algumas características (Tabela 2). A partir dos dados obtidos elaborou-se uma chave de identificação com os caracteres qualitativos mais contrastantes apresentados pelas espécies estudadas de *Saccharum*.

As fotomicrografias foram obtidas com auxílio do fotomicroscópio Olympus CX 31 e da máquina fotográfica Olympus C-7070.

A avaliação quantitativa dos tecidos da lâmina foliar foi realizada com auxílio do *software* de análise de imagens IMAGE-PRO® PLUS. Das três lâminas amostradas, foram analisadas, ao todo, 30 secções transversais e 30 secções paradérmicas (face adaxial e abaxial) e tomadas medidas de cada uma das variáveis.

Para a ala da lâmina foliar, foram avaliadas: as espessuras da lâmina foliar, cutícula e epiderme na face abaxial e adaxial, altura das células buliformes, células incolores e células do parênquima clorofiliano. Para os feixes vasculares de 1ª, 2ª e 3ª ordens da ala foram avaliados: o comprimento e largura, o diâmetro e número das células da bainha parenquimática e altura da extensão da bainha esclerenquimática total; para os feixes de 1ª ordem ainda foram medidos o diâmetro dos elementos de vaso do metaxilema.

Para a face adaxial da epiderme foram avaliados: comprimento dos estômatos e das células interestomáticas, área do complexo estomático e índice estomático (IE) seguindo a

fórmula adaptada de Willmer e Fricker (1996) em uma área de 2.000  $\mu\text{m}^2$ ; comprimento e largura das células longas presentes na zona costal e intercostal; comprimento e largura das células suberosas presentes na zona costal e intercostal; comprimento e largura das células silicificadas presente na zona costal; área das células buliformes; comprimento da célula basal, apical e total dos microtricomas, largura dos microtricomas e frequência dos macrotricomas na objetiva de 20x conforme recomenda Ellis (1979). Para a face abaxial da epiderme foram avaliadas as mesmas estruturas presentes na face adaxial, excetuando-se a área das células buliformes.

#### Análise estatística

Para os dados quantitativos foram calculados a média e os desvios padrões. Para comparação entre as populações foi realizada análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Santos et al., 2008). Quando não satisfeitas as premissas necessárias de normalidade e homocedasticidade, foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Santana e Ranal, 2004). Para comparação de estruturas entre as duas faces da epiderme e comparações entre as células incolores voltadas para as faces adaxiais e abaxiais utilizou-se o teste t, e, no caso de quebra de premissa, o teste não paramétrico de Mann-Whitney (Santana e Ranal, 2004). Para estas análises foi utilizado o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007).

As populações foram comparadas entre si, de acordo com as características estruturais analisadas, mediante uma matriz de ausência/presença composta com os caracteres considerados discriminativos, ou seja, aqueles que variam entre as populações e podem ser separados em grupos, e que não estejam relacionados às condições ambientais. Para análise de *cluster* utilizou-se uma matriz de dados com 143 estados de caracteres (Tab. 9) agrupados pela técnica de ligação de média de grupos (UPGMA - “*Unweightes Pair-Group Method using Arithmetic Averages*”) e o índice de Sorensen para a distância de similaridade. A partir desta análise foi gerado um dendograma como representações das afinidades e diferenças anatômicas entre as populações de *S. villosum* estudadas. Uma segunda análise utilizando a mesma técnica de ligação e distância de similaridade *cluster* foi realizada utilizando uma matriz de dados com 38 estados de caracteres quali-quantitativos (Tab. 10) apontados como xeromórficos. Para estas análises foi usado o programa MVSP (Mueller-Dombois e Ellenberg, 2002).

Para avaliar uma possível influência das características ambientais sobre os caracteres anatômicos das populações foram utilizados os seguintes dados meteorológicos: temperatura média do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica total e velocidade do vento, além da altitude, esta última foi dada pelo GPS no momento da coleta. Os dados utilizados foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e referem-se aos dados mensais no período de coleta de cada população obtido pela estação meteorológica mais próxima de cada localidade. Foi utilizada a análise de Redundância (RDA) para os 26 caracteres quantitativos mais distintivos entre as populações ou que, apesar de apresentarem valor taxonômico, sofreram variações entre as populações. A lista de caracteres escolhidas por esta análise consta na Tabela 11. Para estas análises foi utilizado o *software* Fitopac 2.1.2.85 (Shepherd, 2010).

## Resultados

Descrição das secções transversais de *S. villosum* Steud.

Características gerais da lâmina foliar e descrição da ala

A lâmina foliar das populações estudadas é linear (Fig. 1) com nervura central saliente (plano-convexa ou côncavo-convexa) (Fig. 5). Todas as populações possuem sulcos profundos na face adaxial e ondulações na face abaxial.

A epiderme é uniestratificada (Fig. 1) e recoberta por cutícula lisa, regular e delgada em ambas as faces. As células epidérmicas comuns (CEC) em ambas as faces mostram-se retangulares ou quadradas.

Células buliformes ocorrem somente na face adaxial da epiderme; acima dos feixes de 3ª ordem, possuem forma de leque ou retangular, com 2-8 células atingindo acima de 30.01% do mesofilo (31.51-33.51%) em MD (Fig. 3A), M (Fig. 3D) e A (Fig. 3J) e até 30% (24.02%-26.07%) nas demais populações (Figs. 3F, 3L e 3M).

As células silicificadas são retangulares e ocorrem, em ambas as faces, sobre os feixes vasculares (Fig. 3N). Os estômatos são nivelados em relação às demais células epidérmicas e estão presentes entre os feixes vasculares nas duas faces epidérmicas (Fig. 3), com maior concentração, em geral, na face inferior, apresentando câmara subestomática evidente (Fig. 3O), principalmente na face abaxial.

Mesofilo é homogêneo constituído por células incolores e parênquima clorofiliano (Figs. 2 e 3). Células incolores ocorrem abaixo das células buliformes e possuem duas extensões, uma para cada lado do feixe vascular de 3ª ordem (Fig. 3J), sendo as células maiores aquelas mais próximas da face adaxial da epiderme, exceto em PNE (Fig. 3O) em que as células incolores voltadas para ambas as faces são iguais. Raramente não foram visualizadas células incolores abaxiais (Fig. 3K). O parênquima clorofiliano possui formato poliédrico disposto de forma compacta e radialmente ao redor dos feixes vasculares, podendo ser interrompido pela extensão da bainha do feixe vascular (Fig. 3).

Apresentam feixes vasculares colaterais de 1ª e 2ª ordens equidistantes e o feixe de 3ª ordem está voltado ligeiramente para a face abaxial (Fig. 1). Os feixes vasculares de 1ª ordem possuem de 2-5 elementos de vaso do metaxilema e formato circular (Fig. 3D); elíptico (Fig. 3F) ou oval em MD (Fig. 3A), M (Fig. 3D), G (Fig. 3K) e PNE (Fig. 3M), nas demais populações somente circular ou oval. Apresentam bainha parenquimática incompleta possuindo de 16-33 células. Bainha esclerenquimática presente com extensões voltadas para ambas as faces da epiderme; extensões adaxiais em forma de “T” (Fig. 3D) e abaxiais em forma de cordão e, raramente, em “T” (M e C); o comprimento de tais extensões (adaxiais e abaxiais) possuem acima de 6 fileiras de fibras apenas em MD (Fig. 3A).

Os feixes vasculares de 2ª ordem possuem formato elíptico. Apresentam bainha parenquimática completa, entretanto, as populações C, A e G (Fig. 3L) também possuem bainha parenquimática incompleta, de 9-18 células. Bainha esclerenquimática com extensões em forma de cordão voltadas para as duas faces da epiderme; as extensões adaxiais e abaxiais possuem 2-6 camadas e 1-4 camadas, respectivamente.

Os feixes vasculares de 3ª ordem possuem formato circular. Apresentam bainha parenquimática completa possuindo de 6-11 células. Bainha esclerenquimática não foi visualizada; apresentam extensões esclerenquimáticas em forma de cordão (1-3 camadas) e/ou parenquimática voltado para a face adaxial da epiderme (Fig. 3B e 3E), podendo estar ausente em todas as populações (Fig. 3K), exceto em C; extensões esclerenquimáticas em forma de cordão (1-2 camadas) frequentemente estão dispostas apenas na face abaxial (Fig. 3M)

As populações amostradas possuem de 3 a 16 feixes vasculares entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos, PNE possui até 6 feixes (Fig. 2F) e A entre 7-15 feixes (Fig. 2D), porém devido as equivalências não é possível distinguir grupos por este critério; o mesmo acontece para os feixes de 2ª ordem (1-6 feixes) e 3ª ordem (2-9 feixes) quando considerados de forma isolada.

## Características gerais da lâmina foliar e descrição da ala – dados quantitativos

A altura das CEC da face adaxial da epiderme de MD e A são estatisticamente semelhantes e mais estreitas que nas demais populações, enquanto que na face abaxial são mais estreitas em A e mais largas em C e PNE. A altura das CEC da face adaxial da epiderme difere estatisticamente da abaxial em M, A e G. Na face adaxial a maior deposição de cutícula ocorre em C, G e PNE, enquanto que na face abaxial mostra maior deposição em M e PNE (Tab. 3). A cutícula na face adaxial é mais espessa que a da face abaxial (Tab. 4).

Em C, as células buliformes apresentam-se bem desenvolvidas e estatisticamente semelhantes à MD, M e A, porém devido à elevada espessura do mesofilo nesta população a porcentagem ocupada por este tipo celular é inferior a 30%. C possui o mesofilo mais espesso; MD, M, A e G possuem mesofilos estreitos; esta última é estatisticamente semelhante à PNE (Tab. 3).

O comprimento dos feixes de 1ª ordem são maiores em C e PNE e menores em M e G; a largura é maior em G e menores em M e PNE. O diâmetro das células da bainha parenquimática é maior em C e menor em A. O diâmetro dos elementos de vaso do metaxilema são maiores em MD, C e G e menores em M. O comprimento total do esclerênquima é maior em C e menor em G (Tab. 5).

O comprimento dos feixes de 2ª ordem é maior em M e menor em A; a largura é maior em M e menor em PNE. O diâmetro das células da bainha parenquimática são maiores em C e G e menores em MD, M e PNE. O comprimento total do esclerênquima é maior em C e PNE e menor em MD (Tab. 5).

Os feixes de 3ª ordem possuem o comprimento maior em MD, M e C e menor em A; a largura é maior em M e G e menor em PNE. O diâmetro das células da bainha parenquimática é maior em M, C e G e o comprimento total do esclerênquima é maior em C e PNE (Tab. 5).

O comprimento, esclerênquima total e número de células da bainha parenquimática dos feixes de 1ª ordem são maiores que os de 2ª ordem e estes, por sua vez, são maiores que os de 3ª ordem. No entanto, ao comparar a largura, os feixes de 2ª ordem de M e G são estatisticamente iguais aos de 3ª ordem; nos demais segue o mesmo padrão apresentado no comprimento. Em relação ao diâmetro das células da bainha parenquimática estas podem ser todas iguais entre os 3 tipos de feixes vasculares (M); os de 2ª ordem podem ser maiores e diferem estatisticamente dos demais (MD, A, G e PNE) ou os de 3ª ordem são estatisticamente menores que os de 1ª e 2ª ordens (C).

## Características do bordo

Os bordos possuem CEC, células silicificadas, tricomas e células buliformes (Figs. 4B e 4J). O mesofilo é semelhante à ala. Em todas as populações os bordos são diferentes, distinguindo-se por: número de feixes vasculares, número de camadas de fibras na extremidade, presença e número de camadas na calota de fibras abaixo do último feixe vascular, tipo/formato dos tricomas na extremidade.

O bordo 01 possui de 0-2 feixes vasculares em A (Fig. 4G), 1-2 feixes em G e PNE (Fig. 4K), 2 feixes em C (Fig. 4E), 1-3 feixes em MD (Fig. 4A) e 1-4 feixes em M. Na extremidade somente a população C possui até 7 camadas de fibras (Fig. 4E). Calota de fibras está presente em M (Fig. 4C), C, A (Fig. 4G) e PNE (Fig. 4K); nesta última possui até três camadas, nas demais possui entre 3-6 camadas de fibras. Todas as populações possuem estreitamento lignificado voltado para a face adaxial, exceto em PNE (extremidade aguda) (Fig. 4K). Cavidades de espinhos foram visualizadas em todas as populações.

O bordo 02 possui de 1-2 feixes vasculares em A (Fig. 4H), C (Fig. 4F) e PNE (Fig. 4L), 2-3 feixes em MD (Fig. 4B), 1-3 feixes em G (Fig. 4J) e 0-4 feixes em M (Fig. 4D). As populações MD e G (Fig. 4J) possuem até 7 camadas de fibras na extremidade. Há calota de fibras sob o último feixe vascular em todas as espécies, sendo que em MD (Fig. 4B), M (Fig. 4D) e C (Fig. 4F) possuem acima de 3 camadas de fibras. O bordo é agudo, exceto em MD (Fig. 4B), M e C (Fig. 4F). Cavidades de espinhos foram visualizadas em todas as populações, exceto em M e MD.

## Características da Nervura Central

A nervura central (NC) é proeminente de formato plano-convexo, observando-se também formato côncavo-convexo em C (Fig. 5E), G (Fig. 5J) e PNE. A face adaxial da epiderme é recoberta por cutícula lisa, possui CEC retangulares e células silicificadas; ocorrem de forma dispersa e no mesmo nível das CEC. Em MD (Fig. 5A) e M foram observadas 1-3 camadas de fibras continuamente logo abaixo da face adaxial da epiderme, nas demais espécies ocorrem comumente 3-4 camadas (Fig. 5J).

A região central da NC é ocupada por células incolores poligonais (6-8 lados); possuem até 7 camadas de células incolores, com exceção de C (Fig. 5E) que possui acima de

7 camadas. Parênquima clorofiliano, semelhante ao da ala, e feixes vasculares estão voltados para a face abaxial da epiderme.

Na NC os feixes são semelhantes aos encontrados na ala. Feixes de 1ª ordem margeiam as células incolores, sendo o central (Fig. 5B, 5D, 5F, 5I, 5K e 5M) de formato circular e os laterais elípticos. Possuem 2-4 elementos de vaso de metaxilema; bainha parenquimática incompleta com extensão esclerenquimática em forma de cordão (6 a 11 camadas) voltada para a face abaxial.

Os feixes de 2ª ordem são elípticos, possuem bainha parenquimática completa em MD, completa ou incompleta em C e incompleta nas demais populações. Apresentam extensões esclerenquimáticas voltadas para ambas as faces, sendo estreita na face adaxial e acima de duas camadas em G (Fig. 5K); na face abaxial possuem formato de cordões e apenas MD possui acima de 6 camadas de fibras. Os feixes de 3ª ordem são circulares. Apresenta bainha parenquimática completa (MD) (Fig. 5B), incompleta (A) (Fig. 5I) ou completa e incompleta (demais populações); extensões esclerenquimáticas em forma de cordão (1-6 camadas) estão voltadas para a face abaxial ou ausentes.

A NC possui ao todo acima de 16 feixes vasculares em MD (Fig. 5A), M e PNE. Sendo estes 1-9 de 1ª ordem e 1-8 de 2ª ordem, quando contados de forma isolada tais feixes não podem ser utilizados para separar em grupos as populações estudadas; em relação aos feixes de 3ª ordem, as populações MD (Fig. 5A), M (Fig. 5C) e G (Fig. 5J) possuem, acima de 9 feixes na NC; as demais populações possuem até 9 feixes. Entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos todas as populações, exceto MD, possuem até 5 feixes vasculares. Se contados separadamente os feixes de 2ª e 3ª ordens entre dois feixes de 1ª ordem consecutivos há de 0-3 feixes de 2ª ordem, não podendo estes ser usados para separar em grupos as populações estudadas; para os feixes de 3ª ordem somente MD há acima de 3 feixes; nas demais populações ocorre até de 3 feixes de 3ª ordem entre 2 feixes de 1ª ordem consecutivos. A distância intervenal varia de 1-5 células nas populações estudadas.

Descrição das secções paradérmicas da lâmina foliar de *S. villosum*

Secção paradérmica da face adaxial da ala

A lâmina foliar das populações analisadas possui distinção entre zonas costal e intercostal. A zona costal possui células longas, silicificadas, suberosas e tricomas. A zona

intercostal possui células longas, suberosas, estômatos, células interestomáticas, células buliformes e tricomas. Ambas apresentam até 13 fileiras de células (Fig. 6).

As células longas costais são retangulares, paredes anticlinais horizontais não espessadas, levemente sinuosa em MD (Fig. 6A) e G e sinuosa nas demais populações (Figs. 6C, 6E, 6H e 6M); parede anticlinal vertical não espessada de contorno reto ou angular em todas as populações.

As células longas intercostais são semelhantes às costais em MD, M e A. Em C e PNE diferem das apresentadas na zona costal pela presença de paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas; e G por apresentar paredes sinuosas.

As células curtas costais são do tipo suberosa e silicificada. Células suberosas são estreitas (eixo vertical maior que o horizontal) ou quadradas de contorno sinuoso, em M (Fig. 6C) e G pode-se encontrar contorno liso; apresentam-se isoladas, aos pares (M e G), em pares sílico-suberosos, ou em longas fileiras. As células silicificadas são halteriformes, cruciformes, estas presentes em todas as populações, ou nodulares (somente em C e PNE) (Fig. 6G e 6M); estão dispostos em pares sílico-suberosos (Fig. 6A) ou em longas fileiras. Longas fileiras de células curtas encontram-se na porção central da zona costal e podem constituir de até 60 (MD, C, A e PNE) ou mais de 60 células (M e G) suberosas e silicificadas que alternam-se de forma irregular.

Na zona intercostal as células suberosas são retangulares e estreitas em G e quadradas em C e A; nas demais populações encontram-se os dois formatos. Apresenta contorno sinuoso em MD e liso em PNE; as demais populações mostram-se sinuosas ou lisas.

Os complexos estomáticos ocorrem na margem da zona intercostal. Estão dispostos em 1-4 fileiras, exceto em M que pode possuir acima de 4 fileiras, sendo 1-3 em cada lado das células buliformes. Apresentam células-guarda halteriforme e células subsidiárias triangulares ou em cúpula (Fig. 6C); em A e G (Fig. 6K) observaram-se apenas células subsidiárias em cúpula.

Os complexos estomáticos são separados por uma (raro duas) célula interestomática retangular; esta possui paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas, exceto em M e A que se mostram sinuosos; são longas em C e PNE; nas demais são de tamanho médio.

As células buliformes são quadradas ou retangulares dispostas em 2-5 fileira, rara presença de 7 ou 8 fileiras em G e PNE.

Macrotricomas tipo *cushion hair* (“almofada”) estão presentes na zona intercostal entre as células buliformes (Fig. 6D e 6L), é frequente em C (Fig. 6F) e abundantes nas

demais populações. Macrotricomas sem célula especializada na base estão presentes em C e PNE (Fig. 6O). Microtricomas estão presentes na zona intercostal; em G e PNE (Fig. 6N) podem ser encontradas entre as células buliformes. Ganchos estão presentes na zona costal de MD, e intercostal de C, A, G e PNE (Fig. 6P); podem ocorrer entre as células buliformes em A, G e PNE. Espinhos estão presentes na zona costal de todas as populações (Fig. 6F). Projeções epidérmicas (papilas) estão presentes nas células interestomáticas de MD (Fig. 6B), M (Fig. 6D) e A (Fig. 6I).

#### Secção paradérmica da face adaxial da ala – dados quantitativos

Em relação às células longas costais, PNE é a que apresenta o maior comprimento enquanto que M e G os que apresentam menor comprimento. As populações M, C e PNE apresentam largura superior às demais populações. Para as células longas intercostais C e PNE apresentam o maior comprimento enquanto que M, A e G as que apresentam menor comprimento. A largura das células longas intercostais de todas as populações é estatisticamente semelhante (Tab. 7).

Estatisticamente as células longas intercostais possuem largura maior que as células longas costais, enquanto que estas últimas possuem comprimento maior que células longas intercostais.

Em relação às células curtas costais, a maior célula suberosa ocorre em PNE e as menores em MD, M e A; as populações C e PNE possuem a maior largura e MD e A são as mais estreitas. A população PNE possui células silicificadas estatisticamente com comprimento e largura maior que as demais, G a que apresenta menor comprimento e MD a que possui menor largura (Tab. 7).

Para as células suberosas existentes na zona intercostal as populações C e PNE são as que apresentam maior comprimento enquanto que a população G a que possui menor comprimento. As larguras destas células em todas as populações são estatisticamente semelhantes (Tab. 7).

Estatisticamente as células suberosas intercostais possuem largura maior que as células suberosas costais em MD, M, A e G; em C e PNE a largura é igual para ambas as zonas. O comprimento das células suberosas são maiores na zona intercostal em MD, M e A, iguais em C, e maior na zona costal nas demais populações (Tab. 7).

O complexo estomático de PNE é o que apresenta maior área, enquanto A e G apresentam a menor área; este último é estatisticamente igual à MD. A população M é a que apresenta maior índice estomático (IE), MD e A as que possuem menores IE. C possui as células buliformes de maior área, e MD, G e M as menores; esta última é estatisticamente igual à PNE (Tab. 7). Macrotricomos possui maior frequência em G e menor frequência em C. Microtricomos possuem célula distal maior que a basal e comprimento total maior que o complexo estomático; as populações C e PNE possuem comprimento e largura estatisticamente maior que as demais populações (Tab. 7).

#### Secção paradérmica da face abaxial da ala

A lâmina foliar das populações analisadas possui distinção entre zona costal e intercostal. A zona costal possui células longas, silicificadas, suberosas e tricomas; apresenta até 8 fileiras de células. A zona intercostal possui células longas, suberosas, estômatos, células interestomáticas, células buliformes e tricomas (Fig. 7); apresenta entre 5-13 fileiras em A (Fig. G) e G (Fig. 7I); nas demais apresenta até cinco fileiras.

As células longas costais são semelhantes às encontradas na face adaxial. Células longas intercostais são semelhantes às apresentadas na zona costal.

As células curtas costais são do tipo suberosa e silicificada. Células suberosas possuem formato e organização semelhante às apresentadas na face adaxial da epiderme, apresentam-se com contorno sinuoso; em G também se observa contorno liso (Fig. 7I). Células silicificadas halteriformes e cruciformes estão presentes em todas as populações; nodulares foram observados em MD, M, C, A e PNE (Fig. 7M); mostram-se isoladas (M), em pares sílico-suberosos ou em longas fileiras. Longas fileiras de células curtas encontram-se na porção central da zona costal; possuem mais de 60 células, exceto em PNE, suberosas e silicificadas que se alternam de forma irregular.

Na zona intercostal as células suberosas são semelhantes às encontradas na face adaxial. Em C, entretanto, observa-se apenas células de contorno liso. Estatisticamente as células suberosas intercostais possuem largura maior que as células longas costais em MD, M, G e PNE; em A a largura é igual para ambas às zonas e em C a largura é maior na zona costal.

Os complexos estomáticos possuem localização e formato das células-guarda semelhante à face adaxial. Estão dispostos em 2-7 fileiras. Células subsidiárias triangulares

(Fig. 7C) ou em cúpula (Fig. 7E), em PNE observaram-se apenas células subsidiárias em cúpula.

Células interestomáticas são semelhantes às encontradas na face adaxial, todas as populações possuem paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas; apresentam comprimento curto ou médio (C e PNE).

Macrotricomas podem ser longos ou curtos. Macrotricomas longos do tipo *cushion hair* (“almofada”) (Fig. 7K) estão presentes na zona intercostal de todas as populações, são escassos em C (Fig. 7F) e PNE (Fig. 7M) e abundantes nas demais populações. Macrotricomas longos sem célula especializada na base também foram observados em C (Fig. 7F) e PNE (Fig. 7M). Macrotricomas curtos de base larga estão presentes apenas em M (Fig. 7D). Microtricomas estão presentes apenas na zona costal de G (Fig. 7I) e PNE (Fig. 7M); demais populações nas duas zonas.

Ganchos em ambas as zonas da epiderme (Fig. 7E) ou apenas na zona costal, como em A. Espinhos estão presentes na zona costal de C (Figs. 7E e 7F), A (Fig. 7H) e PNE (Fig. 7L e 7M), e nas duas zonas em MD e M. Projeções epidérmicas (papilas) estão presentes nas células interestomáticas (Figs. 7B, 7D, 7F, 7H e 7J), exceto em PNE. Papilas em células longas intercostais estão presentes em MD e M (Fig. 7B).

#### Secção paradérmica da face abaxial da ala – dados quantitativos

Às células longas costais PNE possuem comprimento estatisticamente superior às demais e M e C e PNE largura maior que as demais populações. O comprimento das células longas intercostais de C e PNE são estatisticamente maiores e M, A e G menores; a largura deste tipo celular é estatisticamente maior em M e menor em A (Tab. 8).

As células longas intercostais possuem largura maior que as células longas costais, enquanto que estas últimas possuem comprimento maior que células longas intercostais.

O comprimento das células suberosas costais é maior em PNE e menor em MD, M e A; as populações C e PNE possuem a maior largura e estatisticamente superiores as demais populações. Em relação às células silicificadas de PNE e C possuem os maiores comprimentos e G o menor; C e PNE possuem a maior largura e estatisticamente superiores às demais populações (Tab. 8).

Para as células suberosas existentes na zona intercostal as populações C e PNE apresentam maior comprimento e são estatisticamente superiores às demais populações; a largura de C e A é estatisticamente inferior às demais populações (Tab. 8).

Ao comparar as células suberosas nas duas zonas da epiderme observa-se que o comprimento destas células são maiores na zona intercostal em M, iguais em MD, C e A, e maior na zona costal nas demais populações. A largura é superior na zona intercostal, exceto em A que se apresenta igual para as duas zonas.

A área do complexo estomático é maior em C e PNE e menor em G. As populações A e PNE apresentam IE maior que as demais populações (Tab. 8). O comprimento do complexo estomático é igual para as duas faces epidérmicas em todas as populações, exceto em A; a largura é maior na face adaxial da epiderme, exceto em C. As lâminas foliares da população M foram consideradas anfiestomática, com IE igual nas duas faces epidérmicas; nas demais populações as lâminas são anfihipoestomáticas, uma vez que o IE na face abaxial é estatisticamente superior que na face abaxial. As células interestomáticas da face adaxial da epiderme são maiores que as apresentadas na face inferior.

As maiores frequências de macrotricomas ocorrem em MD, M e G (Tab. 8). Esta pode ser maior na face adaxial da epiderme (C e PNE), igual para as duas faces da epiderme (G) ou maior na face abaxial da epiderme.

Microtricomas possuem célula distal maior que a basal e comprimento total maior que o complexo estomático; as populações C e PNE possuem comprimento e largura estatisticamente maior que as demais populações (Tab. 8). O comprimento total dos microtricomas pode ser maior na face adaxial da epiderme (A), maior na face abaxial da epiderme (C) ou igual para ambas às faces.

#### Vista frontal dos bordos

Em todas as populações, exceto em PNE, os bordos são diferentes, distinguindo-se pela presença/ausência de espinhos e macrotricomas, comprimento, distância e número de fileiras dos espinhos.

No bordo 01 os espinhos estão dispostos em uma só fileira na margem, exceto em C (Fig. 8E) e A (Fig. 8G). Estes podem ser longos (C) (Fig. 8E), médios (A) (Fig. 8 G), curtos (G e PNE) (Fig. 8I e 8K) ou curtos e médios (MD e M). Em relação à distância, são muito

próximos em MD e M (Fig. 8A), próximos em A, C e G e distantes em PNE (Fig. 8K). Apenas A apresenta macrotricomas.

O bordo 02 possui espinhos e/ou macrotricomas. Exceto M, todas as populações possuem espinhos; estes estão dispostos em mais de uma fileira somente em MD (Fig. 8B); são curtos (MD, G e PNE) (Fig. 8B, 8J e 8L) ou longos (C e A) (Fig. 8F e 8H), e estão distantes entre si, exceto em MD que se encontram próximos. Apresenta macrotricomas em MD, M (Fig. 8D), C (Fig. 8F) e G.

#### Secções paradérmicas da nervura central em microscopia eletrônica de varredura

A região marginal da face adaxial da epiderme da NC possui células epidérmicas comuns longas, estômatos e microtricomas em todas as populações. Células silicificadas halteriformes estão presentes em todas as populações, exceto em M; observou-se macrotricomas em G e ganchos em MD, C e PNE.

A região central da face adaxial da epiderme da NC possui células epidérmicas comuns longas em todas as populações. Notaram-se células silicificadas halteriformes em MD, A e M; esta última apresenta estômatos nesta região.

A face abaxial da epiderme da nervura central (Fig. 9) é semelhante à face abaxial da epiderme da ala, exceto em A (Fig. 9D); nesta população não foram observadas papilas nas células interestomáticas.

#### Varição intraespecífica

Com base nas características qualitativas utilizadas para as espécies nativas de *Saccharum* (ver Capítulo 2), foi construída uma matriz de presença/ausência com os caracteres anatômicos distintivos de *S. villosum* (Tab. 9); como resultado da análise gerou-se um dendograma mostrando as principais relações entre as populações (Fig. 10A). Ao nível de similaridade de 50% foi possível distinguir dois grupos: o primeiro formado por G, PNE, A e C; o segundo por M e MD. Dentro de cada grupo as populações possuem 54,00% e 64,3% de similaridade para o grupo 1 e 2, respectivamente. Nota-se que, apesar de MD e M estarem próximos geograficamente, o agrupamento não relacionou as populações com a proximidade geográfica; um exemplo é que C é muito mais próximo de MD e M do que a A e as demais populações (Fig. 1).

Como relatado no capítulo 2, as características da face abaxial da ala são mais confiáveis taxonomicamente que as da face adaxial. Desta forma, realizou-se uma análise de conglomerados com os caracteres qualitativos analisados (Tab. 9), excluindo os dados referentes à face adaxial da epiderme. O dendograma construído (Fig. 10B), também distingue as espécies em dois grupos semelhante à primeira análise; entretanto, nesta análise os grupos são melhores delimitados. O primeiro e o segundo grupo possuem 55.8% e 67.9% de similaridade, respectivamente. Nota-se que a relação entre as populações dentro do primeiro grupo ficou melhor estabelecido, formando-se dois subgrupos: o primeiro composto por G e PNE e o segundo por A e C. Nesta segunda análise o agrupamento também não relacionou as populações com a proximidade geográfica (Fig. 1). MD e M são as populações que apresentam a maior similaridade (67.9%).

Nas duas análises as características que distinguem o primeiro grupo do segundo são: presença de fibras sob o feixe vascular no bordo 02, até 9 feixes vasculares de 3ª ordem na nervura central, face abaxial da epiderme com paredes anticlinais horizontais sinuosas na zona costal das células longas e ganchos entre as células buliformes. O segundo grupo, por sua vez, não apresenta fibras sob o feixe vascular no bordo 02 e ganchos entre as células buliformes, e possuem acima de 9 feixes vasculares de 3ª ordem na nervura central e células longas com paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas na zona costal da face adaxial da epiderme.

#### Variação estrutural e relação com as condições ambientais

A partir dos caracteres adaptativos às condições xéricas (Tab. 10) a semelhança entre as populações mostrou-se distinta da apresentada pelas características consideradas taxonômicas. Ao nível de similaridade de 50% foi possível distinguir dois grupos funcionais: o primeiro formado por PNE e C; o segundo por M, A, G e MD (Fig. 10B).

O primeiro grupo possui 51,9% de similaridade e tem em comum: maiores comprimentos dos feixes de 1ª ordem, maior desenvolvimento do esclerênquima nos feixes de 2ª e 3ª ordens, células silicificadas maiores, células suberosas mais largas na zona costal e mais compridas na zona intercostal (Tab. 10). O segundo grupo apresenta 63,8% de similaridade e é caracterizado por: mesofilo compacto, células interestomáticas adaxiais de tamanho reduzido e macrotricomas abundante na face abaxial. G e MD, com 78,9% de similaridade, são as populações mais próximas. Estas populações compartilham o maior número de adaptações às condições xéricas (Tab. 10); ao todo, 13 características em comuns;

no entanto apenas uma característica (presença de mais de 7 camadas de fibras no bordo 02) é exclusiva destas duas populações.

A análise de redundância (RDA) permitiu uma melhor distinção destes grupos funcionais e sua relação com as características ambientais. Para esta análise utilizou-se as variáveis quantitativas que mais apresentaram distinção entre as populações e/ou que poderiam ter função ecológica importante (Tab. 11). Por esta análise verificou-se que, dentre os caracteres ambientais selecionados, a umidade é a que menos está correlacionada com os demais parâmetros utilizados ( $< 0.1$ ) e pouco explica as variações estruturais ocorridas nas populações (Tab. 11); desta forma ela foi retirada da análise.

A RDA realizada com as 26 variáveis anatômicas, 4 variáveis ambientais (temperatura, precipitação pluviométrica, altitude e velocidade do vento) e 6 populações mostrou que a variação adaptativa de *S. villosum* ao ambiente em que ocorre é de 42,839%. O Eixo 1 da RDA apresentou poder explicativo de 32.162% e o Eixo 2 adicionou mais 10.677% à explicação dos dados (Tab. 11); uma síntese dos dados pode ser visualizada no gráfico triplot (Fig. 11).

Em relação aos caracteres ambientais, a altitude foi a que apresentou maior correlação com os demais (Tab. 12B). Em comparação com os eixos, as características que tiveram mais fortemente relacionada com o Eixo 1, foram a altitude (score 0.5246), temperatura (-0.4036) e precipitação atmosférica (-0.3987), de tal forma que se entende que lugares com altos valores de altitude apresentaram os menores valores de precipitação e temperatura. O Eixo 2, responsável por variações intrínsecas dos dados e baixo poder explicativo, adicionou velocidade do vento como variável discriminante de grupos (Tab. 12C).

Utilizando-se os dois eixos da RDA verificou-se que todas as populações estão relacionadas com o Eixo 1, exceto M que se encontra mais relacionada ao Eixo 2 (Tab. 12D). Nota-se que as populações C e PNE localizam-se em regiões de elevada altitude e A e MD de baixa altitude (Fig. 11). O oposto ocorre para as variáveis temperatura e precipitação; as populações A e MD ocorrem em regiões de elevada temperatura e precipitação, enquanto que C e PNE em regiões de baixas temperaturas e precipitação (Fig. 11). MD e A ocorrem em regiões com alta velocidade do vento, enquanto M de baixas velocidades do vento.

Utilizando os escores das variáveis anatômicas (Tab. 11) verifica-se que a espessura da epiderme abaxial, frequência dos macrotomas presentes na face abaxial da epiderme e espessura da lâmina foliar foram características que mais agiram sobre as variáveis ambientais no Eixo 1 ( $> 0.25$ ), seguidas do comprimento das células longas da zona intercostal da face

abaxial da epiderme, comprimento das células silicificadas da face abaxial da epiderme, espessura da extensão de bainha esclerenquimática nos feixes de 2ª e 1ª ordens, largura das células silicificadas presentes na face adaxial da epiderme, comprimento das células longas da zona intercostal e células silicificadas da face adaxial da epiderme, área do complexo estomático da face abaxial da epiderme, espessura do mesofilo, área das células buliformes e comprimento dos feixes vasculares de 1ª ordem, (0.20-0.25 de explicação) (Fig. 11).

Os valores que mais agiram sobre o Eixo 2 ( $> 0.25$ ) foram: índice estomático da face abaxial e adaxial da epiderme, diâmetro dos elementos de vaso dos feixes de 1ª ordem, e espessura da cutícula da face abaxial da epiderme (Tab. 11), seguidas da altura das células epidérmicas da face adaxial e largura das células silicificadas (0.20-0.25 de explicação) (Fig. 11).

Alguns caracteres, entretanto, tiveram pouca ou nenhuma relação com os dois eixos. Transversalmente foram: a espessura da cutícula presente na face adaxial da epiderme, comprimento dos feixes vasculares de 2ª e 3ª ordens; para a face adaxial da epiderme: área do complexo estomático, comprimento das células longas costais e frequência dos macrotricomas; e para a face abaxial da epiderme a largura das células silicificadas (Tab. 11).

Dos caracteres anatômicos relacionados ao Eixo 1, somente a frequência dos macrotricomas da face abaxial da epiderme não é positivamente afetada pela altitude e negativamente afetada pela temperatura e precipitação atmosférica; a frequência dos macrotricomas é positivamente afetada pela temperatura e precipitação pluviométrica. Para o Eixo 2, apenas o diâmetro dos elementos de vaso dos feixes vasculares de 1ª ordem está relacionado positivamente com a velocidade do vento; os demais estão relacionados negativamente.

Pela RDA observa-se que, para os caracteres relacionados aos eixos, PNE e C são os que possuem menores frequências de macrotricomas na face abaxial da epiderme (Tab. 11) (Fig. 11), porém estão positivamente relacionados aos demais caracteres referentes ao Eixo 1. MD e A possuem os maiores valores de diâmetro dos elementos de vaso dos feixes vasculares de 1ª ordem, enquanto que M maiores índices estomáticos, cutícula abaxial, altura das células epidérmicas da face abaxial, largura de células silicificadas da face adaxial e espessura das extensões de bainha esclerenquimática dos feixes de 1ª ordem.

## Discussão

Estruturalmente, a lâmina foliar de gramíneas é um órgão complexo, exibindo grande variação anatômica, fornecendo informações adicionais à taxonomia (Gould, 1958; Ellis, 1986). Muitas das características citadas para as populações de *S. villosum* estudadas são comuns para a subfamília Panicoideae. Nesta subfamília, com raras exceções, a nervura central é em forma de quilha, apresenta vascularização simples, bainha Kranz, células longas intercostais retangulares com paredes sinuosas, células subsidiárias em forma de domo ou triangulares, presença de microtricomos e células silicificadas horizontalmente alongadas (Gould, 1958; Ellis, 1986; Watson e Dallwitz, 1994; Barker et al., 2001). Para melhor compreensão das estruturas anatômicas de *S. villosum* utilizadas em taxonomia ver o capítulo 2. Por outro lado, Metcalfe e Chalk (1989) e Silva et al. (2005), afirmam que a estrutura da lâmina foliar é altamente influenciada por fatores ambientais como a temperatura e disponibilidade de água.

Neves e Zanin (2011) e Welker e Longhi-Wagner (2012) comentam que *S. villosum* têm preferência por ambientes úmidos, estando frequentemente incluída em levantamentos e/ou revisões feitos em ambientes brejosos (Martins et al., 2008; Mendonça et al., 2008; Kozera et al., 2009; Neves e Zanin, 2011; Welker e Longhi-Wagner, 2012). Contudo, possui certas características típicas de folhas xerófitas. De acordo com Dickson (2000) adaptações xeromórficas são comuns em plantas que habitam comunidades savânicas e outros locais secos.

### Características gerais da lâmina foliar e nervura central

O formato linear e nervura central saliente já foram relatados para *Saccharum* e gêneros relacionados (Grassl, 1971; Watson e Dallwitz, 1994; Phillips e Shouliang, 2005; Ahmad et al., 2010; Joarder et al., 2010), sendo esta uma característica comum a 77% dos gêneros de Andropogoneae (Renvoize, 1982). De acordo com Renvoize (1985) esta também é uma característica de folhas de gramíneas que crescem expostas à luz, como as populações amostradas. C apresenta lâmina foliar mais espessa e MD, M e A as mais compactas. A lâmina foliar, assim como o mesofilo, possui suas espessuras reduzidas quando submetidas a condições hídricas desfavoráveis e é um caractere esclerofilo (Choong et al., 1992), sendo considerado por Dickson (2000) uma característica xeromórfica.

Todas as populações apresentaram sulcos profundos na face adaxial da epiderme e ondulações na face abaxial. Esta relação mostra que a presença e profundidade dos sulcos na epiderme independe do ambiente e, portanto, teria relevância taxonômica. Este caráter já foi descrito como caráter sistemático (Ma et al., 2005; Alvarez et al., 2005; Carneiro et al., 2008; Oliveira et al., 2008; Pelegrin et al., 2009; Hefler e Longhi-Wagner, 2010; Gennaro, 2011; Traiperm et al., 2011).

A redução ou dobramento da lâmina foliar possui valor adaptativo (Aliscioni, 2000). De acordo com a autora, estes dois tipos de adaptações ocorrem para reduzir a perda de água por transpiração, classificando as espécies que possuem tais características como xerófitas. Em *S. villosum*, provavelmente ocorre redução da folha com a formação de sulcos profundos na face adaxial e ondulações na face abaxial, porém estes dobramentos não são tão pronunciados, possuindo, inclusive, uma nervura central pronunciada.

As características apresentadas na nervura central são comuns a outras espécies do gênero (Artschwager, 1925; Metcalfe, 1960; Colbert e Evert, 1982; Joarder et al., 2010). Se considerarmos os critérios utilizados para diferentes espécies do gênero (sugeridos no capítulo 2) as populações não apresentariam características distintivas. Mostrando que as características apresentadas têm poucas variações com as condições ambientais, sendo mais úteis como valor taxonômico do que ecológico.

## Epiderme

Em Poaceae a epiderme é modificada nas áreas localizadas sobre e entre os feixes vasculares; em vista frontal é denominado, respectivamente, zona costal e intercostal (Metcalfe, 1960). Por manter contato direto com o ambiente, a epiderme está sujeita a modificações estruturais em decorrência de vários fatores ambientais (Cutter, 1986). Qualitativamente, em secção transversal, os formatos apresentados são comuns a muitas gramíneas e sem valor diagnóstico (Ellis, 1976). Entretanto, quantitativamente tais estruturas mostram-se distintas de acordo com a região.

Melo et al. (2007) citam que este tecido é bastante responsivo as alterações ambientais. Relacionando as duas faces da epiderme, observa-se que a altura das células epidérmicas da face adaxial e abaxial são maiores em C e PNE e menores em A. Células com menor volume estão mais adaptadas às condições de seca, uma vez que são mais resistentes ao colapso (Fahn e Cutler, 1992). Kurzweil et al. (1995 *apud* Oliveira e Sajo, 1999) ainda

acrescentam que células epidérmicas adaxiais maiores que as abaxiais estão relacionadas com a função de reserva de água, o que seria uma vantagem em condições de seca. Para as populações de *S. villosum*, isto ocorreu em M, A e G. Desta forma pode-se dizer que para esta característica, A é a população melhor adaptada às condições de seca.

É comum a maior cuticularização na face abaxial da epiderme (Ellis, 1976), corroborando o apresentado por *S. villosum*. A maior deposição de cutícula, para ambas as faces da epiderme, ocorreu em PNE e as menores em MD e A. A cutícula bem desenvolvida é um carácter xerofítico (Metcalf e Chalk, 1989; Dickson, 2000; Menezes et al., 2006; Cutler et al., 2011), uma vez que auxilia na proteção contra a perda de água e atua na proteção contra o excesso de luminosidade (Alquini et al., 2006).

Nota-se as diferentes estratégias de adaptação para um mesmo tecido. Em A ocorre células epidérmicas menores ao mesmo tempo em que possui menor deposição de cutícula. Por outro lado, PNE apresenta células epidérmicas mais altas e maior deposição de cutícula.

Em vista frontal as células longas da epiderme exibem, em geral, contorno sinuoso ou levemente sinuoso. Este tipo de contorno é comum em planta de Saccharineae (Metcalf, 1960; Watson e Dallwitz, 1994). Esta é uma característica de Poaceae (Gould, 1968).

Para este carácter A mostrou paredes sinuosas e MD, M e G paredes levemente sinuosas. Em geral, as células epidérmicas que apresentam paredes anticlinais com contorno reto ocorrem em plantas de sol e de ambientes xéricos, enquanto que a sinuosidade é mais acentuada nas plantas que se desenvolvem à sombra ou com baixa intensidade luminosa (Metcalf e Chalk, 1979).

Em relação ao tamanho das células longas, excetuando-se os valores da largura na zona intercostal da face adaxial (que foi igual para todas as populações) e da face abaxial (em que M apresentou o maior valor), PNE foi a que mostrou maiores valores para comprimento e largura nas duas zonas e em ambas as faces epidérmicas; para a face adaxial os menores valores de comprimento e largura ocorreram em G, e para a face abaxial em G e A. Shrivastava et al. (2003) citam que para *S. officinarum* os menores tamanhos de células epidérmicas, baixos comprimentos e larguras estão associados às condições de seca.

### Células buliformes

As células buliformes não apresentaram variações estruturais, sendo consideradas de importância taxonômica, especialmente no nível específico (Ellis, 1976). Entretanto, estas

estruturas diferiram na altura: MD, M, C e A possuem células buliformes mais altas, enquanto que G e PNE mais estreitas. Em secção paradérmica verificou-se que a área das células buliformes é maior em C e menor em A.

*Paspalum paniculatum* L. submetidas às condições de deficiência hídrica tiveram um aumento nas células buliformes (Melo et al., 2007). Grandes células buliformes também foram consideradas como características xeromórficas por Dickson (2000).

Devido ao mesofilo mais espesso, as células buliformes em C ocupam menos que 30% do mesofilo, assim como G e PNE; as demais populações ocupam mais que 30%. Desta forma deve-se considerar a altura relativa das células buliformes em função do mesofilo para citar esta característica como xeromórfica.

#### Células curtas

Células silicificadas possuem elevada importância taxonômica em Poaceae (Metcalf, 1960; Ellis, 1976; Sendulsky e Labouriau, 1966; Ellis, 1986; Piperno e Pearsall, 1998; Prychid et al., 2004). Embora a função da deposição de sílica nas plantas não tenha sido completamente elucidada, Ma e Yamaji (2006) e Currie e Perry (2007) afirmam que este composto exerce um efeito protetor, aliviando estresses bióticos e abióticos. Para os fatores abióticos, podem ser citados efeitos causados pela: toxicidade a certos metais (alumínio, manganês e cádmio), salinidade (Epstein, 1999; Liang et al., 2007), desequilíbrio de nutrientes, radiação, além de resistência ao acamamento, radiação, seca, baixas e altas temperaturas (Ma e Yamaji, 2006).

Segundo Sakai e Sanford (1984), a deposição de silício varia entre as espécies, sendo que em *S. officinarum* a maioria do silício é depositada nas células silicificadas, seguida da célula basal dos microtricomos, ocorrendo também deposição nos estômatos, células longas e espinhos. Considerando esta afirmação e as funções citadas para este tipo celular, pode-se dizer que populações que apresentam o maior número de células silicificadas e/ou maiores tamanhos destas estruturas, quando comparadas com as demais populações, são mais resistentes à seca e a elevadas temperaturas.

Uma vez que todas as populações tiveram distribuição de células silicificadas semelhantes, pode-se dizer que, a partir desta característica, as populações mais resistentes são C e PNE. Quantitativamente, para a face adaxial da epiderme a primeira apresentou maior comprimento e a segunda maior largura, e para a face abaxial ambas apresentaram maiores

comprimentos e larguras. Para esta característica as menos resistentes são G e MD; a primeira por possuir menores comprimentos para a face adaxial e abaxial da epiderme e menor largura para a face abaxial, a segunda pelas menores larguras para ambas as faces da epiderme.

As células suberosas possuem paredes espessas e suberizadas além de, frequentemente, conterem sólidos orgânicos (Evert, 2006). Jones (2011) cita que a presença de suberina, que é hidrofóbica, provê uma proteção adicional contra a dessecação. Uma vez que a distribuição dessas células é semelhante entre as populações, quanto maiores forem as células, maior será a proteção contra a perda de água. PNE é a população que possui maiores valores para todos os parâmetros avaliados e, portanto, por este caractere, poderia fornecer maior proteção em períodos de seca.

### Complexo estomático

Características do complexo estomático como: forma, tamanho, distribuição, frequência e a classificação dos estômatos, são comumente utilizadas na taxonomia de gramíneas, inclusive em nível específico (Metcalf, 1960; Ellis, 1979, 1986; Watson e Dallwitz, 1994). Outras características como: tamanho (Fahn e Cutler, 1992; García e Jáuregui, 2008) e índice estomático (Salas et al., 2001) possuem implicações ecológicas.

Wilson (1972) demonstrou que, em gramíneas, plantas que crescem em ambientes úmidos e sombrios desenvolvem estômatos maiores que as plantas que vivem em zonas secas. Fahn e Cutler (1992) citam que a ocorrência de estômatos pequenos e em criptas é comum em xerófitas, assim como estômatos abaixo do nível das demais células epidérmicas relatado por Dickson (2000). Em todas as populações os estômatos estiveram no mesmo nível das demais células epidérmicas e a presença de criptas não foi verificada, corroborando com dados de Metcalf (1960) para *Saccharum* e outros gêneros de Saccharinae, porém em todas as populações os estômatos se localizam nos sulcos profundos na face adaxial da epiderme e nas ondulações da face abaxial, o que poderia diminuir a perda de água. Sulcos profundos também ocorreram em *S. asperum* (ver capítulo 2).

Pela classificação de Santos et al. (2010), o tamanho dos estômatos de todas as populações é considerado pequeno ( $< 90 \mu\text{m}$ ) e corroboram com valores encontrados por Watson e Dallwitz (1994) e Ullah et al. (2011). Estes autores citam que em *Saccharum* o comprimento dos estômatos varia entre 28-45 $\mu\text{m}$ .

Contudo, se considerarmos apenas as populações amostradas, PNE possui, na face adaxial da epiderme, as maiores áreas estomáticas e A a menor; para a face abaxial C e PNE possuem as maiores áreas e G a menor. Shields (1950) ainda cita que a presença de estômatos menores é comum em condições de alta luminosidade e baixa umidade do ar, características comuns ao cerrado, local em que as populações foram coletadas.

Folhas anfiestomáticas também foram relatadas em *S. officinarum* por García e Jauregui (2008) e em outras gramíneas (Graciano-Ribeiro, 2002; Silva e Alquini, 2003; Duarte e Zaneti, 2004; Silva-filho, 2006; Carneiro et al., 2008; Pelegrin et al., 2009). De acordo com Ellis (1979) e Fahn e Cutler (1992) esta característica é comum em plantas de ambiente xérico. A presença de folhas anfiestomáticas em plantas que se desenvolvem em locais brejosos, como em *S. villosum*, segundo Graciano-Ribeiro (2002), ocorre quando estas espécies se desenvolvem em ambientes marcados por um período de seca quando a disponibilidade hídrica é reduzida, justificando a presença de estômatos nas duas faces epidérmicas.

Verificou-se que, exceto em M, o índice estomático da face abaxial foi maior que o da face adaxial, caracterizando M como anfiestomática e as demais populações anfihipoestomáticas. Folha anfihipoestomática foi considerada um caráter xeromórfico para *Sacciolepis chevalieri* Stapf. (Genarro, 2011). MacAdam (2009) cita que para aumentar a economia hídrica algumas xerófitas possuem estômatos apenas na face abaxial da epiderme; considerando este fato acredita-se que as folhas anfihipostomáticas, quando comparadas as anfiestomáticas, estariam mais adaptadas aos períodos secos do cerrado, relatado por Graciano-Ribeiro (2002).

Para a classificação das células interestomáticas Santos et al. (2010) utiliza os mesmos critérios para as células longas, como: formato, espessura e sinuosidade das paredes celulares. Desta forma, para as implicações ecológicas deste tipo celular foram utilizados, então, os mesmos critérios citados para as células longas como sinuosidade de paredes (Mauseth, 1988) e tamanho das células (Cutter, 1986; Fahn e Cutler, 1992). Verificou-se que a sinuosidade das paredes anticliniais das células interestomáticas mostrou-se levemente sinuosas em todas as populações e em ambas as faces epidérmicas, exceto para a face adaxial de C. Em relação ao tamanho, para a face adaxial MD, M, A e G e para a face abaxial M, apresentaram os menores valores. Nota-se que a redução das células interestomáticas é mais uniforme na face adaxial da epiderme, uma vez que um maior número de populações possui valores estatisticamente semelhantes; é possível que isto ocorra devido a esta face estar mais sujeita às alterações

ambientais e, portanto, características para evitar a perda de água e o colapso sejam mais necessários.

### Tricomas

De acordo com Metcalfe (1960) e Ellis (1979) em Poaceae há quatro tipos de tricomas: macrotricomas, microtricomas, espinhos e ganchos. A presença ou ausência destas estruturas foram citadas por diversos autores como caráter diagnóstico (Tateoka et al., 1959; Metcalfe, 1960; Ellis, 1979; Hilu e Wright, 1982; Sánchez e Koch, 1998; Elahi e Ashraf, 2001; Pelegrin et al., 2009; Santos et al., 2010).

A frequência dos macrotricomas longos, em particular, é quase sempre invariável e utilizado em taxonomia; entretanto às vezes podem ser afetados pelas condições ambientais (Ellis, 1979). Todas as populações apresentaram macrotricomas longos, porém varia quanto à quantidade. Pela classificação de Ellis (1979) MD, M, A e G possuem macrotricomas abundantes em ambas as faces epidérmicas, PNE é abundante para a face adaxial e em C é frequente na face adaxial e escasso na face abaxial.

Aliscione (2000) cita que tricomas também estão presentes em espécies higrófitas de *Paspalum*, no entanto são maiores e mais frequentes em plantas que crescem em terrenos rochosos ou arenosos e geralmente secos. Ellis (1979) cita que maiores frequências deste tipo celular são mais abundantes em regiões de maior incidência solar, ventos, ar e solos secos e elevadas altitudes. Fahn e Cutler (1992) afirmam que os tricomas podem influenciar indiretamente a economia hídrica através da regulação da temperatura, uma elevada densidade de tricomas pode aumentar a refletância e reduzir a absorbância da radiação além de reduzir a temperatura foliar; Metcalfe e Chalk (1989) ainda citam que estas estruturas podem proteger os estômatos e reduzir a perda de água por transpiração. Por estas razões estes autores, assim como Dickson (2000) e Cutler et al.(2011) consideram que a elevada presença de tricomas nas folhas é considerada uma adaptação as condições áridas e típicas de xerófitas.

### Papilas

Metcalfe e Chalk (1989) destacam que as papilas são mais comuns na face abaxial da epiderme, corroborando os resultados apresentados. Estas estruturas são pequenas projeções da parede periclinal externa das células epidérmicas, com formas variadas; a sua função é

controversa e para alguns autores a sua importância é apenas taxonômica (Alquini et al. 2006). Por outro lado, Oliveira et al. (2008) citam que para *Raddia* as papilas podem também estar relacionadas à proteção da epiderme contra o dessecamento. Outros autores citam que este tipo de estrutura é considerado uma característica de ambientes secos (Metcalf, 1960) ou salinos (Ellis, 1979).

Metcalf e Chalk (1989) e Dávila e Clark (1990) mencionaram que existe um padrão geográfico na distribuição de papilas. Entretanto, isto não ocorreu para as populações estudadas. Para a face adaxial, MD e M, que possuem papilas, são muito mais próximos geograficamente à C, que não possui papila, do que a população A. E para a face abaxial A que possui papilas, é muito mais próximo geograficamente à PNE do que a C que possui papilas.

#### Mesofilo

*S. villosum* apresenta mesofilo homogêneo e compacto. As células do parênquima exibem o padrão radiado, possuem anatomia Kranz e padrão fotossintético C<sub>4</sub> (ver detalhes no capítulo 2). Watson e Dallwitz (1994) citam que *Andropogoneae* exibe exclusivamente o padrão fotossintético C<sub>4</sub>. De acordo com Metcalf (1960) o padrão radiado ou em círculo parcial é comum em gramíneas tropicais e é referido como tipo panicóide.

A presença de mesofilo compacto corrobora a Colbert e Evert (1982). Quantitativamente, MD, M, A e G, possuem mesofilo mais compactos. Segundo Menezes et al. (2006) e Cutler et al. (2011) este é considerado um carácter xeromórfico. A maior compactação das células do mesofilo, conferem maior resistência à planta aos patógenos (Silva et al., 2005); contudo, também interfere na distribuição do carbono, podendo, conseqüentemente, acarretar menor eficiência fotossintética.

#### Feixes vasculares

Em Poaceae os feixes vasculares são divididos em três ordens baseados no calibre, número de elementos traqueais e presença de lacuna do protoxilema (Metcalf 1960; Ellis 1976; Cutler et al. 2011). Em *S. villosum* ocorreram os três tipos de feixes corroborando com outras espécies de *Saccharineae* (Artschwager, 1925; Metcalf, 1960; Colbert e Evert, 1982; Ahmad et al. 2010).

Segundo Bowden (1964 *apud* Ellis, 1976) o diâmetro dos feixes vasculares, para cada tipo de ordem, é estruturalmente diferente. Graciano-Ribeiro (2002) cita que os diâmetros podem variar dentro de uma mesma ordem e também pode haver equivalência entre os diâmetros de feixes vasculares de tipos diferentes, e, portanto, não seria um caráter muito confiável. Em *S. villosum* o comprimento e largura mostraram-se, estatisticamente distintos entre os três tipos de feixes. Estes dados indicam que, aparentemente, o comprimento e a largura dos feixes vasculares não sofrem alterações com as condições ambientais e, portanto, seria um caráter taxonômico confiável. Para maiores detalhes dos caracteres taxonômicos descritos para os feixes vasculares em *Saccharum* ver o capítulo 2.

Entre as populações, o comprimento e largura dos feixes mostraram-se distintos. O maior número de feixes vasculares por unidade de área é uma característica xeromórfica (Fahn e Cuter, 1992). Todas as populações tiveram, dependendo do tipo de feixe e variável (comprimento ou largura), elevados valores para os feixes vasculares. Para o feixe de 1ª ordem, o comprimento foi maior em C e PNE e a largura em MD, A e G; para os demais feixes M se sobrepõe uma vez que possui maiores valores de comprimento e largura nos feixes de 2ª e 3ª ordens, mostrando assim que esta característica é extremamente variável.

Em *S villosum* o esclerênquima ocorreu quase que completamente associado aos feixes vasculares como extensões de bainha esclerenquimática, mais raramente na forma de calotas e nos bordos; esta é uma característica comum à folha de gramíneas (Ellis, 1979), podendo sua distribuição estar associada a fatores ecológicos (Ellis, 1986). Choong et al. (1992) citam que a presença de bainhas e extensões de bainhas esclerenquimáticas nos feixes vasculares conferem maior resistência foliar, aumentando a esclerofilia, e os possíveis danos mecânicos causados pela deficiência hídrica; no período seco poderiam ser minimizados pela manutenção da estrutura garantida por fibras que circundam os feixes vasculares.

Metcalf (1960) e Ellis (1976) comentam que em regiões áridas ocorrem grande desenvolvimento de tecido esclerenquimático. Para este caráter, C possui maior desenvolvimento de tecido esclerenquimático associado a todos os tipos de feixes vasculares, e PNE teve elevado desenvolvimento de esclerênquima nos feixes de 2ª e 3ª ordens. O maior desenvolvimento de tecidos mecânicos com paredes lignificadas é descrito por Dickson (2000) como características xeromórfica.

Andropogoneae exibem exclusivamente o padrão fotossintético C<sub>4</sub> (Watson e Dallwitz, 1994). Nelson (2001) cita que plantas C<sub>4</sub>, comparadas às plantas C<sub>3</sub>, exibem alta densidade de feixes vasculares e correspondentemente distâncias internerval curta e com

pouco número de células. Khalid (2004) relaciona melhorias fotossintéticas em plantas C4 com a diminuição das distâncias intervenais.

Em relação ao diâmetro dos elementos de vaso, nas populações analisadas, é considerado muito pequeno segundo a classificação de Feldato et al. (1989); entretanto diferem estatisticamente entre si. Os menores são encontrados em M. Sob deficiência hídrica ocorre a diminuição do diâmetro dos elementos de vaso metaxilema, tanto em folhas quanto em raízes (Melo et al., 2007). Vasellati et al. (2001) verificaram o mesmo efeito em *Paspalum dilatatum* Poir. quando submetido a estresse por seca.

Segundo Passioura (1982 *apud* Melo et al., 2007), a redução no diâmetro do metaxilema é uma resposta comum em plantas submetidas a condições de estresse, principalmente em relação à deficiência hídrica. Elementos de vaso com menores diâmetros são menos propensos à cavitação do que elementos de vaso com maiores diâmetros (Hacke e Sperry 2001). Carlquist (2001) ainda afirma que as diferenças no diâmetro dos vasos possuem valor adaptativo, uma vez que espécies provenientes de ambientes secos têm vasos mais estreitos que espécies provenientes de locais úmidos.

Esta característica de elementos de vasos pequenos em plantas que se desenvolvem em locais brejosos, assim como a presença de folhas anfiestomáticas, talvez ocorra devido ao local que estas plantas se desenvolvem seja marcado por um período de seca quando a disponibilidade hídrica é reduzida.

## Bordos

Diversos autores destacam a região marginal com importância taxonômica (Ellis, 1976; Aliscioni, 2000; Alves et al., 2002; Alvarez et al., 2005; Ma et al., 2005; Oliveira et al., 2008; Ahmad et al., 2010; Hefler e Longhi-Wagner, 2010). Em *S. villosum*, esta região apresentou grandes variações, sobretudo nos tipos de tricomas, tamanho e distância entre os espinhos. Artschwager (1925) comenta a presença de bordos serrados em *S. officinarum*, variedade roxa de Louisiana; característica semelhante foi observada por Ehahi e Ashraf (2001) para outras variedades da mesma espécie.

Segundo Cutler et al. (2011) as denticões nas bordas têm efeito marcante na redução da turbulência do fluxo de ar e auxilia na manutenção da integridade das margens das folhas durante ventos fortes. Desta forma, a presença destas estruturas torna-se uma vantagem, uma vez que estas plantas encontram-se em locais abertos e sujeitas a ação de ventos fortes.

Em relação ao número de fibras, para o Bordo 01 somente C não possui mais que 7 camadas de fibras na extremidade, e para o bordo 02 apenas MD e G possuem mais que 7 camadas. Assim como considerado por Metcalfe (1960), Ellis (1976) e Dickson (2000) para as regiões da ala, o maior desenvolvimento de tecido esclerenquimático no bordo foi considerado uma característica xeromórfica.

#### Implicações taxonômicas das variedades estruturais apresentadas por *S. villosum*

Hodkinson et al. (2002) citam que a taxonomia do “complexo *Saccharum*” é confusa. De acordo com as observações de campo *S. villosum* mostra-se uma espécie muito variável e é possível que esta variação apresentada deva-se ao fato de serem constituídas por muitas espécies que, anteriormente, eram consideradas distintas e foram sinonimizadas em *S. villosum*. De acordo com Filgueiras (2003) são sinônimos de *S. villosum*: *Erianthus balansae* Hack., *E. clandestinus* Swallen, *E. glabrinodes* (Hack.) Swallen, *E. purpureus* Swallen, algumas subvariedades de *E. saccharoides* Michx. e de *E. trinii*, *Saccharum balansae* (Hack.) Roberty, *S. giganteum* Trin. Ex Hack., *S. trinii* (Hack.) Renvoize e algumas variedades de *Spondiopogon foliatus* E. Fourn.

No capítulo 2 foram discutidas as principais características que distinguem *S. villosum* das demais espécies do gênero presentes no Brasil. Desta forma foi verificado que as características exclusivas desta espécie são: acima de 2 feixes vasculares (até 4) no bordo 01, na face adaxial da epiderme o comprimento das células suberosas intercostais maiores que as da zona costal, macrotricomas abundantes na face adaxial e abaxial da epiderme, espinhos presentes na zona intercostal (além da costal) da face abaxial da epiderme na ala e na nervura central (para maiores detalhes ver capítulo 2). Vale ressaltar que as espécies escolhidas para as análises do capítulo 2 ao serem comparadas com outras populações neste capítulo mostram-se em grupos distintos. Desta forma, acredita-se que as características anatômicas distintas para *S. villosum* apresentadas refletem satisfatoriamente a atual circunscrição da espécie proposta por Filgueiras (2003).

Entretanto, ao analisar um maior número de populações de *S. villosum* observa-se que estas podem não se mostrarem constantes para as características anatômicas que distinguem esta espécie das demais espécies nativas do gênero, revelando que sua atual circunscrição, do ponto de vista anatômico, não está bem definida.

MD e M foram as únicas que apresentaram todas as características citadas no capítulo 2 para *S. villosum*. Pela análise de conglomerados, estas populações apresentam-se num grupo separado dos demais e possuem o maior grau de similaridade, principalmente considerando-se a ausência dos caracteres da face adaxial. Os dados da face adaxial da epiderme são os que menos contribuem para a distinção entre as espécies (ver capítulo 2).

Além das características citadas para *S. villosum*, MD e M apresentam em comum outras peculiaridades taxonômicas que justificam a sua distinção das demais populações. Podendo ser citadas: papilas (Metcalf, 1960; Gould, 1968; Ellis, 1979; Watson e Dallwitz, 1994), distância entre os espinhos dos bordos (Wu, 1962) e localização dos ganchos na face adaxial da epiderme (Ellis, 1979; Pelegrin et al., 2009; Santos et al., 2010).

Baseado em dados morfológicos Welker e Longhi-Wagner (2012) citam que *S. villosum* apresentam grande variedade, principalmente referente ao tamanho e indumento das folhas, com predominância de espécies densamente pilosas e outro grupo com espécies glabras. Estes autores justificam que esta variedade apresentada ocorre porque mais de uma espécie esteja envolvida dentro da sua atual descrição, corroborando assim os dados apresentados. Acredita-se que as populações MD e M podem ser consideradas *S. villosum* e as demais populações amostradas seriam uma das outras espécies que foram sinonimizadas a *S. villosum* por Filgueiras (2003). Desta forma novos trabalhos taxonômicos e/ou moleculares devem ser feitos no “complexo *Saccharum villosum*” para melhor delimitar a circunscrição da espécie.

#### Influência ambiental nas estruturas anatômicas

Pelas análises de agrupamentos verificou-se que as variações apresentadas por *S. villosum*, na atual circunscrição da espécie, não seguem um padrão geográfico, corroborando com estudo de Gennaro (2011), e são fortemente influenciadas pelas condições climáticas, uma vez que cerca de 43% da variação apresentada são explicadas pelos aspectos ambientais. De acordo com Schlichting (1986), Stearns (1989), West-Eberhard (1989) e Sultan (2000) a plasticidade fenotípica é a capacidade de um indivíduo alterar a sua fisiologia/morfologia em respostas às condições ambientais. Portes (2010) comenta que uma alta plasticidade aumenta as possibilidades de sobrevivência às novas condições ambientais.

Alguns trabalhos citam que efeitos de temperatura (Metcalf e Chalk, 1989), precipitação (Fahn e Cutler, 1992), altitude (Dickson, 2000; Cutler et al., 2011) e velocidade

do vento (Silva et al., 2006; Cutler et al., 2011) podem agir sobre as estruturas foliares alterando certas características. Os aspectos adaptativos relacionados à estocagem e prevenção contra a perda de água são considerados adaptações xeromórficas (Dickson, 2000).

Por estas características nota-se dois grupos funcionais bem distintos; o primeiro formado por PNE e C, relacionado às características de elevadas altitudes e baixas temperatura e precipitação. O segundo grupo é formado por M, A, G e PNE, sendo a primeira população mais relacionada a locais em que ocorre baixas velocidades de vento e as demais a baixas altitudes e elevadas temperaturas e precipitação.

Menores alturas (Fahn e Cutler, 1992) e comprimento das CEC (Shrivastava et al., 2003), espessuras da lâmina foliar (Choong et al., 1992; Dickson, 2000) e mesofilo (Menezes et al., 2006; Cutler et al., 2011) são caracteres considerados xeromórficos encontrados nas populações localizadas em locais de baixa altitude, elevadas temperaturas e precipitação (maioria do segundo grupo funcional). Uma vez que a espécie localiza-se em locais brejosos (Welker e Longhi-Wagner, 2012) e em locais com alta precipitação, é possível que para *S. villosum* estas características estejam mais associadas a evitar a perda de água por transpiração devido às elevadas temperaturas em que as populações estão submetidas.

Assim, como observado por Oliveira et al. (2008) para *Raddia* a presença de papilas, nas populações analisadas, está associada a locais secos. Wilson (1977 *apud* Sahuquillo e Lumaret, 1995) mencionou que células epidérmicas papilosas tem um papel importante no uso eficiente da água atmosférica. O aumento do número e diâmetro dessas estruturas estão relacionadas a locais com elevadas temperaturas (Benson e Borril, 1969), assim como as populações A, G e MD.

Por outro lado, as populações do primeiro grupo funcional possuem maiores alturas e comprimentos das CEC, espessuras da lâmina e mesofilo; estas características estão associadas a baixas temperaturas. O maior desenvolvimento destas estruturas requer boa disponibilidade hídrica (Taiz e Zeiger, 2004); entretanto, estas populações encontram-se em locais de baixa precipitação; alia-se ainda o fato de que em elevadas altitudes, devido às baixas pressões do ar e a elevada radiação solar, as taxas transpiratórias são potencialmente elevadas (Camerik e Werger, 1981). Para diminuir os possíveis danos causados pela deficiência hídrica em altitudes elevadas *S. villosum*, provavelmente, opta pelo maior comprimento dos feixes vasculares de 1ª ordem e espessura da extensão de bainha esclerenquimática nos feixes de 1ª e 2ª ordens.

Sob deficiência hídrica é comum o aumento da esclerofilia, aumentando o desenvolvimento do tecido esclerenquimático (Medina et al., 1990; Choong et al., 1992), a espessura das paredes celulares e a extensão e abundância dos tecidos vasculares (Witkowski e Lamont, 1991). Desta forma, mesmo que *S. villosum* possua um volume celular maior, as populações aumentam a massa e densidade foliar. Elevado valor nestes parâmetros estão associados à proteção do tecido contra a dessecação e herbivoria (Choong et al., 1992). O aumento de estruturas escleromórficas em locais de elevada altitude também foi citado para Orchidaceae (Silva et al., 2006).

Em locais com baixa precipitação, como as populações do primeiro grupo, é vantajoso a ocorrência de grandes células buliformes. Este tipo celular pode estocar água (Evert, 2006; Carmo-Silva, 2009) e, nas horas mais quentes do dia, onde a taxa de transpiração é maior, poderia ajudar a fornecer água, ao mesmo tempo em que ajudaria a reduzir a temperatura foliar. Devido a mudanças de turgor ainda atuam no enrolamento e desenrolamento das folhas (Metcalf, 1960; Carmo-Silva, 2009) de modo a diminuir a superfície à perda de água por transpiração (Melo et al., 2007).

De acordo com Welker e Longhi-Wagner (2012) as populações de *S. villosum* do Rio Grande do Sul, apresentam grande variabilidade no que se refere ao indumento da parte vegetativa, com predomínio de plantas densamente pilosas a vilosas e um menor número de plantas glabras. As populações coletadas em Goiás também mostram grande pilosidade. Ellis (1979) cita que maiores frequências dos macrotricomas ocorrem em regiões de maior incidência solar, ventos, ar e solos secos e elevadas altitudes. Dickson (2000) afirma que em elevadas altitudes as plantas estão sujeitas a alta incidência solar e ventos fortes. Porém foi observado que a velocidade do vento, que influencia características do Eixo 2 da RDA, pouco influenciou a variação na distribuição dos macrotricomas. E em elevadas altitudes as populações tendiam a diminuir a frequência de macrotricomas e não apresentar papilas (não ocorrendo em PNE e ocorrendo em C apenas na face abaxial). A função dos macrotricomas talvez esteja mais associada a criar uma atmosfera úmida ao redor da folha e diminuir o estresse causado pelas elevadas temperaturas, uma vez que a maior frequência dos macrotricomas está mais associada a elevadas temperaturas, corroborando assim a Larcher (2000); este autor cita que os tricomas asseguram um aumento da umidade do ar próximos aos estômatos, além de ajudar a reduzir a temperatura foliar (Fahn e Cutler, 1992).

Pela RDA nota-se que a frequência dos macrotricomas da face abaxial foi mais importante que na face adaxial. Para a face inferior de C e PNE, coletadas em elevadas

altitudes, estas estruturas são escassas. Cutler et al. (2011) citam que a extrema ausência de tricomas é encontrada em plantas de montanhas tropicais elevadas, sujeitas a flutuações extremas de temperatura durante o dia, como observado por Camerik e Werger (1981) para os campos de altitude.

Cutler et al. (2011) citam que tricomas de parede fina podem aumentar a perda de água sob determinadas condições, como ventos fortes. É possível, então, que a função de proteção contra os ventos esteja mais associada aos espinhos e ganchos; nestes tipos de tricoma a parede celular é mais espessa e frequentemente há deposição de sílica (Sakai e Sanford, 1984) tornando-os mais resistentes e aptos a esta função.

Em elevadas altitudes é importante estruturas que aumentem a reflectância nos períodos de alta temperatura, que protejam a folha da elevada radiação e que reduzam a difusão de gases através da folha e da interface com ar (Dickson, 2000), além de proteger contra os ventos fortes. É provável que, para *S villosum*, estas funções sejam desempenhadas pelas células silicificadas. A largura das células silicificadas na face adaxial e comprimento deste tipo celular para as duas faces epidérmicas estiveram positivamente relacionados com o Eixo 1, e mais ao primeiro grupo funcional.

Motomura et al. (2004) citam que as células silicificadas estão relacionadas a solucionar problemas de balanço hídrico, trocas térmicas, refletância de radiação da epidermes e reforço mecânico das estruturas foliares de gramíneas. Desta forma o maior número e/ou maiores células silicificadas e papilas torna-se uma vantagem em regiões de altitude e ajudam a espécie a suportar as condições ambientais a que está submetida.

O comportamento dos estômatos tem relação direta com as condições abióticas (Larcher, 2000). No caso específico de *S. villosum*, observa-se que as estratégias relativas aos estômatos para minimizar os efeitos da seca, estão relacionadas ao segundo grupo funcional. Sendo que a área do complexo estomático esteve mais associado com as variações do Eixo 1, ou seja, variações na altitude, temperatura e/ou precipitação, enquanto que o índice estomático é explicado por variações na velocidade do vento (Eixo 2).

Aparentemente não há uma relação direta entre o tamanho dos estômatos e o nicho ecológico ocupado pela espécie (Cao, 2000). Entretanto, em condições naturais a resposta estomática normalmente é limitada pela temperatura e stress hídrico além de fatores fisiológicos (Kaufmann, 1982). Como citado, esta espécie encontra-se em locais brejosos (Welker e Longhi-Wagner, 2012) e as populações de grande parte do segundo grupo funcional encontram-se em locais de elevadas taxas de precipitação. Estômatos reduzidos é

uma forma de adaptação à seca, pois permitem que as plantas regulem o transporte de água e a transpiração mais eficientemente (Fahn e Cutler, 1992; Dickson, 2000). Gönüz e Özörgücü (1999) ainda citam que a altitude pode influenciar o tamanho dos estômatos, de tal forma que em altitudes mais baixas, os estômatos mostram-se com tamanhos menores, corroborando, assim, o apresentado em *S. villosum*. Desta forma a redução do tamanho dos estômatos ocorrida, principalmente em A e G é uma resposta tanto às elevadas temperaturas como às baixas altitudes.

Em relação ao índice estomático, alguns trabalhos citam que ele pode ser sensível a umidade (Cutter, 1986; Medina et al. 1990); contudo foi observado que a umidade não está afetando diretamente as variações estruturais. Em *S. villosum*, a umidade pode atuar como um fator secundário, uma vez que para as populações estudadas a velocidade do vento foi o fator ambiental mais relacionado às alterações do índice estomático. Sabe-se que o fechamento estomático (Taiz e Zeiger, 2004) e a maior ocorrência de estômatos na face abaxial (Fahn e Cutler, 1992) são uma resposta às condições de baixa umidade. Ações semelhantes atribuídas ao efeito do vento sobre as folhas, na verdade são uma resposta do inevitável declínio da umidade (Grace, 1988).

Com a diminuição da velocidade do vento aumenta o índice estomático da face adaxial ao ponto que iguala estatisticamente ao da face abaxial. M mostra-se como a única população que apresentou folhas anfiestomáticas; as demais apresentaram folhas anfihipoestomáticas.

Apesar de PNE ter apresentado a maior deposição de cutícula em ambas as faces, esta característica está mais relacionada a populações do eixo 2, como M. De tal forma que quanto maior a velocidade do vento, menor a deposição de cutícula, principalmente na face abaxial da epiderme. Sob ventos fortes é mais comum o contato de uma folha com outra (Grace, 1988) e com partículas abrasivas (Van Gardingen e Grace, 1991), criando vários tipos de danos, dentre os quais: ruptura das células epidérmicas, rachaduras na cutícula e suavização na redistribuição de cera (Grace, 1988). Era de se esperar, então, que para minimizar os danos as folhas aumentassem a deposição cutícula, contudo isto não ocorre. Provavelmente, esta seja mais uma reação ao possível ao efeito indireto do aumento da umidade relativa do ar. Cutículas finas ou levemente espessadas são encontradas em plantas que se desenvolvem em condições mesofíticas (Cutler et al., 2011).

Foi verificado que o diâmetro dos elementos de vaso está relacionado ao Eixo 2 de tal maneira que quanto maior a velocidade do vento, maior o diâmetro dos elementos de vaso.

A transpiração pode não estar relacionada com o aumento da velocidade do vento (Grace et al., 1975); contudo, quando as folhas são iluminadas, como em *S. villosum*, este fator ambiental muitas vezes diminui a taxa transpiratória (Grace, 1988). Dickson (2000) cita que uma das estratégias utilizadas pelas plantas para minimizar os danos causados pelo aumento da transpiração é a diminuição dos elementos vaso, e assim evitar a cavitação. Elementos de vaso com diâmetro mais largo são mais propensos à cavitação do que elementos de vaso com diâmetro mais estreito (Carlquist, 2001; Sperry, 2003; Mauseth e Stevenson, 2004). Ou seja, o aumento da velocidade dos ventos ocasiona uma diminuição nas taxas transpiratórias, e, conseqüentemente, aumento no diâmetro dos elementos do vaso. Corroborando assim com o apresentado por M, esta população que está negativamente relacionada à velocidade do vento e apresentou os menores valores no diâmetro dos elementos de vaso.

A altura das células epidérmicas da face adaxial e largura das células silicificadas estiveram relacionadas com o Eixo 2 (0.20-0.25 de explicação) porém características destes tipos celulares estiveram relacionados com o Eixo 1; desta forma foi considerado que a velocidade do vento, comparada às demais características ambientais, pouco influenciou as variações estruturais das características supracitadas.

Em resumo, pode-se dizer que, para *S. villosum*, a temperatura está mais relacionada ao volume (altura e comprimento) das células epidérmicas, mesofilo, lâmina foliar, frequência dos macrotricomas, papilas e área estomática; a precipitação ao comprimento dos feixes vasculares de 1ª ordem, espessura da extensão de bainha esclerenquimática e células buliformes. A altitude ao tamanho dos estômatos e das células silicificadas. E apesar da umidade não ter se mostrado relevante, acredita-se que ela atuou como efeito inverso e indireto da velocidade do vento sob o índice estomático, cutícula, e a transpiração também de forma inversa e indireta sobre diâmetros dos elementos de vaso.

Admite-se que *S. villosum*, na circunscrição atual da espécie, adapta-se facilmente às diversas condições ambientais, o que justifica a ocorrência desta espécie em grande parte do Brasil. Sendo que, embora a altitude tenha se mostrado fortemente relacionado ao Eixo 1, a temperatura é o principal fator ambiental que está associada às variações estruturais desta espécie.

Para *Otachyrium seminudum* Hackel ex Sendulsky e Soderstrom, espécie presente no cerrado e que se desenvolve tanto em regiões alagadas e não alagadas, Graciano-Ribeiro

(2002) admitiu escleromorfismo oligotrófico, uma vez que mesmo sob disponibilidade hídrica a espécie em questão apresentou diversos caracteres xeromórficos.

Nos solos do Cerrado, a pobreza de cálcio, em especial, e a alta saturação de alumínio nas camadas mais profundas do perfil tem como consequência um menor crescimento das raízes em profundidade, diminuindo o volume de exploração no solo das raízes em busca de água e nutrientes (Resck et al., 2008). Como *Saccharum* ocupa áreas alagadas o termo escleromorfismo é mais adequado. Este termo foi proposto por Arens (1958a,b) para plantas do Cerrado, e assim explicar que a presença de características consideradas xeromórficas mesmo em locais com água e luz abundantes é devido às deficiências nutricionais do solo.

Desta forma, assim como em *O. seminudum*, admitiu-se escleromorfismo oligotrófico em *S. villosum*. De acordo com Morretes (1969), as folhas de espécies do Cerrado apresentam grande quantidade de caracteres escleromórficos e xeromórficos.

## Referências bibliográficas

- Aguiar, M.O., Preisinger, H., 2002. Concepts and Paradigms for Management of Ecosystem Resources Traits of Leaf Anatomy of *Croton lanjouwensis* Jablonski (Euphorbiaceae). In: Lieberei, R., Bianchi, H-K., Boehm, V., Reisdorff, C., (ed.). Neotropical Ecosystems, Proceedings of the German-Brazilian Workshop. GKSS-Geesthacht, Hamburg, pp 961-964.
- Ahmad, F., Khan, M.A., Ahmad, M., Zafar, M., Arshad, M., Khan, A., Shah, G.M., Awan, M.R., 2010. Taxonomic utilization of anatomical characters in tribe Andropogoneae (Poaceae) based on transverse sections of leaves. J. Med. Plants Res. 4, 1349-1358.
- Aliscioni, S.S., 2000. Anatomía ecológica de algunas especies del género *Paspalum* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae). Darwiniana 38,187-207.
- Alquini, Y., Bona, C., Boeger, M.R.T., Costa, C.G., Barros, C.F., 2006. Epiderme. In: Appezzato-da-Glória, B., Carmello-Guerreiro, S.M. (eds). Anatomia vegetal, 2 ed. Editora UFV, Viçosa-MG, pp. 87-108
- Alvarez, J.M., Rocha, J.F., Machado, S.R., 2005. Estrutura foliar de *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert e *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae). Rev. Bras. Bot., 28, 23-37.
- Alves, M.V., Estelita, M.E.M., Wanderley, M.G.L., Thomas, W.W., 2002. Aplicações taxonômicas da anatomia foliar das espécies brasileiras de *Hypolytrum* Rich. (Cyperaceae). Rev. Bras. Bot., 25, 1-9.

- Arens, K., 1958a. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. Bol. Fac. Filos. Ciênc. e Letr. Univ. S. Paulo (Bot.), 15, 25-56.
- Arens, K., 1958b. O cerrado como vegetação oligotrófica. Bol. Fac. Filos. Ciênc. e Letr. Univ. S. Paulo (Bot.), 15, 59-77.
- Artschwager, E., 1925. Anatomy of vegetative organs of sugar cane. J. Agric. Res., 30, 197-241.
- Ayres, M., Ayres-Júnior, M., Ayres, D.L., Santos, A.S., 2007. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas, 5 ed. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Belém.
- Barker, N.P., Clark, L.G., Davis, J.I., Duvall, M.R., Guala, G.F., Hsiao, C., Kellogg, E.A., Linder, H.P., 2001. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). Ann. Mo. Bot. Gard., 88, 373-457.
- Benson, M.; Borrill, M., 1969. The significance of clinal variation in *Dactylis marina* Borrill. New Phytol., 68, 1159-1173.
- Bonates, L.C.M., 2007. Anatomia ecológica da folha e da raiz e aspectos ecofisiológicos de Orchidaceae epífitas de uma campina da Amazônia Central. Tese, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas.
- Bozzola, J.J., Russel, L.D. 1992. Electron Microscopy: principles and techniques for biologist. Jones & Bartlett Publisher, Boston.
- Camerik, A.M., Werger, M.J.A., 1981. Leaf characteristics of the flora of the high plateau of Itatiaia, Brasil. Biotropica, 13, 39-48.
- Cao, K.F., 2000. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in a Bornean heath forest. Can. J. Bot., 78, 1245- 1253.
- Carlquist, S., 2001. Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. 2ed. Springer, Berlin.
- Carmo-silva, A.E., Francisco, A., Powers, S.J., Keys, A.J., Ascensão, L., Parry, M.A.J, arrabaça, M. C., 2009. Grasses of different c 4 subtypes reveal leaf traits related to drought tolerance in their natural habitats: changes in structure, water potential, and amino acid content. Am. J. Bot., 96, 1222–1235.
- Carneiro, C.M., Bordignon, M.V., Scheffer-Basso, S.M., Dall’Agnol, M., 2008. Caracterização anatômica da lâmina foliar de populações de *Bromus auleticus* Trin. Ex Nees (Poaceae). Biotemas, 21, 23-29.

- Carrera, U.S. 2008. Variação intra-específica na anatomia da folha e do lenho de *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. (Bignoniaceae) em ambientes distintos. Dissertação, Curso de Botânica, Escola Nacional de Botânica Tropical do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Cavalcante, P.B., 1968. Contribuição aos estudos de corpos silicosos das gramíneas amazônicas. *Bul. Mus. Para. Emílio Goeldi* 30, 11-11.
- Cheavegatti-Gianotto, A., Abreu, H.M.C., Arruda, P., Bespalhok-Filho, J.C., Burnquist, W.L., Creste, S., Ciero, L.D., Ferro, J.A., Filgueira, A.V.O., Filgueiras, T.S., Grossi-de-Sá, M.F., Guzzo, E.C., Hoffmann, H.P., Landell, M.G.A., Macedo, N., Matsuoka, S., Reinach, F.C., Romano, E., Silva, W.J., Silva-Filho, M.C., Ulian, E.C., 2011. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): A reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. *Trop. Plant. Biol.*, 4,62–89.
- Choong, M.F., Lucas, P.W., Ong, J.S.Y., Pereira, B., Tan H.T.W., Turner, I.M., 1992. Leaf Fracture Toughness and Sclerophylly: Their Correlations and Ecological Implications. *New Phytol.*, 121, 597-61.
- Colbert, J.T., Evert, R.F., 1982. Leaf vasculature in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Planta*, 156, 136-151.
- Coutinho, L.M., 2002. O bioma cerrado. In: Klein, A.L. (Ed), *Eugen Warnming e o Cerrado brasileiro*. Editora UNESP, São Paulo, pp. 77-92.
- Currie, H.A., Perry, C.C., 2007. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Ann. Bot.*, 100, 1383–1389.
- Cutler, D.C., Botha, T., Srevenson, D.W., 2011. Anatomia vegetal: uma abordagem aplicada. Artmed, Porto Alegre.
- Cutter, E.G., 1986. Anatomia vegetal parte I: células e tecidos. 2. ed. Roca, São Paulo.
- Dávila, P., Clark, L. G., 1990. Scanning electron microscopy survey of leaf epidermis of *Sorghastrum* (Poaceae: Andropogoneae). *Am. J. Bot.*, 77, 499-511.
- Dickison, W.C., 2000. Integrative plant anatomy. Academic, New York.
- Duarte, M.R., Zaneti, C.C., 2004. Estudo farmacobotânico de folhas de capim-limão: *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, Poaceae. *Visão Acad.*, 5, 117-124.
- Elahi, N.N., Ashraf, M., 2001. A comparative study of the morphological characters of six sugarcane varieties. *Pak. J. Bot.*, 33(special issue), 503-516.
- Ellis, R.P., 1976. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in Poaceae. I. The leaf-blade as viewed in transverse section. *Bothalia*, 12, 65-69.

- Ellis, R.P., 1979. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in Poaceae. II. The epidermis as seen in surface view. *Bothalia*, 12, 641-671.
- Ellis, R.P., 1986. A review of comparative leaf blade anatomy in systematic of the Poaceae: The past twenty-five years. In: Sodestrom, T.R., Hilu, K.H., Campbell, C.S., Barkworth, M.E. (eds). *Grass systematics and evolution*, Smithsonian Institution Press, Washington-DC, pp 3-10.
- Epstein, E., 1999. Silicon. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 50, 641–64.
- Esau, K., 1977. *Anatomy of seed plants*. 2 ed. John Wiley and sons, New York.
- Evert, R.F., 2006. *Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body – their structure, function and development*. A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Jersey.
- Fahn, A., Cutler, D.F., 1992. *Xerophytes*. Gebüder Borntraeger, Berlin.
- Fedalto, L.C., Mendes, I.C.A., Coradin, V.T.R., 1989. Madeiras da Amazônia: descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na Floresta Nacional dos Tapajós. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Brasília.
- Ferreira, E.A., Ventrella, M.C., Santos, J.B., Barbosa, M.H.P., Silva, A.A., Procópio, S.O., Silva, E.A.M., 2007. Leaf blade quantitative anatomy of sugarcane cultivars and clones. *Planta Daninha*, 25, 25-34
- Filgueiras, T.S., 2003. *Saccharum*. In: Zuloaga, F.O., Morrone, O., Davidse, G., Filgueiras, T.S., Peterson, P.M., Soreng, R.J., Judziewicz, E.J. *Catalogue of New World Grasses (Poaceae): III. Subfamilies Panicoideae, Aristidoideae, Arundinoideae, and Danthonioideae*. *Smithson Inst, Contr US Natl Herb* 46, pp 550–557.
- Filgueiras, T.S., Welker, C.A.D., 2012. *Saccharum* In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB013568> Acessado em 4 de Junho de 2012.
- García, M., Jáuregui, D., 2008. Efecto de la salinización con NaCl o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sobre la anatomía foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con tolerancia salina diferencial. *Ernstia*, 18,89-105.
- Gennaro, D., 2011. Revisión del género *Sacciolepis* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae) en sus aspectos taxonómicos, histofoliales y filogenéticos. Tesis, Universidad de Buenos Aires.
- Gönüz, A., Özörgücü, B., 1999. An Investigation on the Morphology, Anatomy and Ecology of *Origanum onites* L. *Tr. J. Bot.* 23, 19-32.

- Gould, F.W., 1968. Grass systematics. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Grace, J., 1988. Plant response to wind. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 22/23, 71-88.
- Grace, J., Malcolm, D.C., Bradbury, I.K., 1975. The effect of wind and humidity on leaf diffusive resistance in sitka spruce seedlings. *J. Appl. Ecol.*, 12, 931-940.
- Graciano-Ribeiro, D. 2002. Caracteres anatômicos aplicados a taxonomia e variações ambientais das espécies de *Otachyrium* da América do Sul. Tese, Universidade de São Paulo.
- Graciano-Ribeiro, D., Filgueiras, T.S., Gonçalves, A.P.S., 2006. Roteiro mínimo para estudo anatômico dos Bambus (Poaceae:Bambusoideae). In: Almeida, J.G., Teixeira, A.A. (eds). Anais do I Seminário Nacional do Bambu: estruturação da rede de pesquisa e desenvolvimento, 2 ed. Rede Brasileira do Bambu, Brasília, pp 69-74
- Grassl, C.O., 1971. Taxonomy of *Saccharum* relatives: *Sclerostachya*, *Narenga* & *Erianthus*. *Proc. ISSCT*, 14, 240–248.
- Hacke, U.G., Sperry, J.S., 2001. Functional and ecological xylem anatomy. *Perspect in Plant Ecol. Evol. and Syst.*, 4, 97–115.
- Hefler, S.M., Longhi-Wagner, H.M., 2010. A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia das espécies de *Cyperus* L. subg. *Cyperus* (Cyperaceae) ocorrentes no sul do Brasil. *Acta Bot. Bras.*, 24, 708-717.
- Hilu, K.W., Wright, K., 1982. Systematics of gramineae: a cluster analysis study. *Taxon*, 31, 9-36.
- Hodkinson, T.R., Chase, M.W., Lledó, M.D., Salamin, N., Renvoize, S.A., 2002. Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid trnL intron and trnL-F intergenic spacers. *J. Plant Res.*, 115, 381–392.
- Jensen, W.A., 1962. Botanical histochemistry: principles and practices. W. H. Freeman, São Francisco.
- Joarder, N., Roy, A.K., Sima, S.N., Parvin, K., 2010. Leaf blade and midrib anatomy of two sugarcane cultivars of Bangladesh. *J. Bio-sci.* 18, 66-73.
- Jones, L.A., 2011. Anatomical adaptations of four *Crassula* species to water availability. *Biohorizons* 4, 13-22.
- Kaufmann, M.R., 1982. Evaluation of season, temperature, and water stress effects on stomata using a leaf conductance model. *Plant Physiol.*, 69, 1023-1026.

- Khalid, S., 2004. Poaceae: The role of grass weeds in cereal agro-ecosystems of Pakistan. Pak. J. Weed Sci. Res., 10, 175-184.
- Kozera, C., Kuniyoshi, Y.S., Galvão, F., Curcio, G.R., 2009. Composição florística de uma formação pioneira com Influência fluvial em Balsa Nova, PR, Brasil. Floresta, 39, 309-322.
- Kraus, J.E., Arduin, M., 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Langeron, M., 1949. Précis de microscopie. Masson et Cie. Editeurs, Paris.
- Larcher, W., 2000. Ecofisiologia vegetal. RiMa, São Carlos.
- Londoño, X., 2011. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo. <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>. Acessado em 25 de Junho de 2011.
- Luque, R., Sousa, H.C., Kraus, J.E., 1996. Métodos de coloração de Roeser (1972) - modificado - e Kropp visando a substituição do azul de astra por azul de alcião GS ou GX. Acta Bot. Bras., 10, 199-212.
- Ma, H.Y., Peng, H., Li, D.Z., 2005. Taxonomic significance of leaf anatomy of *Aniselytron* (Poaceae) as an evidence to support its generic validity against *Calamagrostis* s. l. J. Plant Res., 118, 401-414.
- Ma, J.F., Yamaji, N., 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. TRENDS in Plant Sci., 11, 392-397.
- MacAdam, J.W., 2009. Structure and functions of plants. Wiley-Blackwell, Iowa.
- Martins, S.E., Rossi, L., Sampaio, P.S.P., Magenta, M.A.G., 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil. Acta bot. bras. 22, 249-274.
- Mauseth, J.D., 1988. Plant anatomy. Benjamin Cummings, California.
- Mauseth, J.D., Stevenson, J.F., 2004. Theoretical considerations of vessel diameter and conductive safety in populations of vessels. Int. J. Plant Sci., 165, 359-368.
- Medina, E., Garcia, V., Cuevas, E., 1990. Sclerophylly and oligotrophic environments: relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rain forests of the upper Rio Negro region. Biotropica, 22, 51-64.
- Melo, H.C., Castro, E.M., Soares, A.M., Melo, L.A., Alves, J.D., 2007. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. Hoehnea 34, 145-153.

- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva-Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., Nogueira, P.E., Fagg, C.W., 1998. Flora vascular do bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. (eds.), Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Informação tecnológica, Embrapa Cerrados-Brasília, pp. 289-556.
- Menezes, N.L., Silva, D.C., Melo-de-Pinna, G.F.A., 2006. Folha. In: Appezzato-da-Glória B, Carmello-Guerreiro, S.M. (eds) Anatomia vegetal, 2 ed. Editora UFV, Viçosa-MG, pp 303-326.
- Metcalf, C.R., 1960. Anatomy of the monocotyledons: I Gramineae. Clarendon Press, Oxford.
- Metcalf, C.R., Chalk, L., 1979. Anatomy of the dicotyledons: systematic anatomy of the leaf and stem, vol I. Oxford Clarendon, Oxford.
- Metcalf, C.R., Chalk, L., 1989. Anatomy of the dicotyledons: wood structure and conclusion of the general introduction, vol II, 2 ed. Oxford Clarendon, Oxford.
- Molina, A.M., 1981. El género *Erianthus* (Gramineae) em la Argentina y países limítrofes. Darwiniana. 23,559-585.
- Montefusco, A.R.G., 2005. Anatomia ecológica do lenho de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae), barbatimão, no Parque Estadual do Cerrado – Jaguariaíva-PR. Dissertação, Universidade Federal do Paraná.
- Morretes, B.L., 1969. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do Cerrado III. Bol. Fac. Filos. Ciênc. e Letr. Univ. S. Paulo (Bot.), 24, 7–32.
- Motomura, H., Fujii, T., Suzuki, M., 2004. Silica deposition in relation to ageing of leaf tissues in *Sasa veitchii* (Carrière) Rehder (Poaceae: Bambusoideae). Ann. Bot., 93, 235-248.
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H., 2002. Aims and methods of vegetation ecology. The Blackburn Press, New Jersey.
- Nelson, T., 2011. The grass leaf developmental gradient as a platform for a systems understanding of the anatomical specialization of C4 leaves. J. Exp. Bot., 62, 3039–3048.
- Neves, B.T., Zanin, A., 2011. Sinopse das espécies nativas e subspontâneas de Andropogoneae Dumort. (Poaceae) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Acta Bot. Bras., 25, 916-928.

- Oliveira, R.P., Longhi-Wagner, H.M., Leite, K.R.B., 2008. A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia de *Raddia* Bertol. (Poaceae: Bambusoideae). *Acta Bot. Bras.*, 22, 1-19.
- Oliveira, V.D.C., Sajo, M.G., 1999. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae Ver. *Bras. Bot.*, 22, 365-374.
- Paiva, J.G.A., Frank-de-Carvalho, S.M., Magalhães, M.P., Graciano-Ribeiro, D., 2006. Verniz vitral incolor 500<sup>®</sup>: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. *Acta Bot. Bras.* 20, 257-264.
- Pelegri, C.M.G., Longhi-Wagner, H.M., Oliveira, P.L., 2009. Anatomia foliar como subsídio à taxonomia de espécies do Complexo *Briza* L. (Poaceae: Pooideae: Poeae). *Acta Bot. Bras.*, 23, 666-680.
- Phillips, S.M., Shouliang, C., 2005. Notes on Grasses (Poaceae) for the Flora of China, IV. *Novon*, 15, 464-470.
- Piperno, D.R., Pearsal, D.M., 1998. The silica bodies of tropical american grasses: morphology, taxonomy, and implications for grass systematics and fossil phytolith identification. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Portes, M.T., 2010. A interação ecofisiológica planta-ambiente: o papel da aclimação fotossintética na resposta a fatores ambientais em espécies arbóreas. Tese, Universidade Estadual Paulista — "Julio de Mesquita Filho".
- Prychid, C.J., Rudall, P.J., Gregory, M., 2004. Systematics and biology of silica bodies in monocotyledons. *Bot. Rev.* 69, 377-440.
- Renvoize, S.A., 1982. A survey of leaf-blade anatomy in grasses. I. Andropogoneae. *Kew Bull.*, 37, 315-321.
- Renvoize, S.A., 1985. A survey of leaf-blade anatomy in grasses V. The Bamboo Allies. *Kew Bull.* 40, 509-535.
- Resende, M.L.F., Guimarães, L.L., 2007. Inventários da biodiversidade do bioma Cerrado: Biogeografia de plantas. IBGE, Rio de Janeiro.
- Resk, D.V.S., Ferreira, E.A.B., Santos-Júnior, J.D.G, Sá, M. A.C., Figueiredo, C.C., 2008. Manejo do solo sob um enfoque sistêmico. In: Faleiro, F.G., Farias-Neto, A.L., (eds.) savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais, Embrapa Cerrados, Planaltina, pp 417-473.
- Sahuquillo, E., Lumaret, R., 1995. Variation in the subtropical group of *Dactyhs glomerata* L.- 1. evidence from allozyme polymorphism. *Biochem. Syst.Ecol.*, 23, 407-418.

- Sakai, W.S., Sanford, W.G., 1984. A developmental study of silicification in the abaxial epidermal cells of sugarcane leaf blades using scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray analysis. *Am. J. Bot.*, 71, 1315-1322.
- Salas, J.A., Sanabria, M.E., Pire, R., 2001. Variación em el índice y densidad estomática em plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro*, 13, 99-104.
- Salgado, G.S.M., Galinkin, M., 2004. Reserva da biosfera do cerrado: um patrimônio de Brasília avaliação dos dez anos de criação da reserva da biosfera do cerrado-DF. Fundação Centro Brasileiro de Referência e Apoio Cultural – CEBRAC e UNESCO, Brasília.
- Sánchez, M.G., Koch, S.D., 1998. Estudio anatómico comparativo de la lamina foliar de *Eragrostis* (Poaceae: Chloridoideae) de México. *Acta Bot. Mex.*, 43, 33-56.
- Santana, D.G., Ranal, M.A., 2004 Análise da germinação: um enfoque estatístico. Editora Universidade de Brasília, Brasília.
- Santos, A.S., Desbies, A.L.J., Alvarez, J.M., Garcia, J.B., Sobrinho, A.A.B., 2010. Descritores epidérmicos de gramíneas (Poaceae) – um guia para identificação da dieta de herbívoros usando o programa Delta. Corumbá. Embrapa Pantanal, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Corumbá-MS.
- Sarmiento, G. 1992. Strategies of perennial grasses in south american savannas. *J. Veg. Sci.*, 3, 325-336.
- Schlichting, C.D., 1986. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 17, 667-693.
- Sendulsky, T., Labouriau, L.G., 1966. Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados I. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 38, 159–170.
- Shepherd, G.J., 2010. Fitopac 2.1.2.85: Manual do usuário. Departamento de Botânica- Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Shields, L. M., 1950. Leaf xeromorphy as related to physiological and structural influences. *Bot. Rev.*, 16, 399-447.
- Shrivastava, A.K., Srivastava, D.C., Solomon, S., Srivastava, M.K., Singh, I., 2003. Physiological characters imparting resistance to biotic and abiotic stresses in sugarcane. *Sugar Tech.* 5, 105-120.
- Silva, I.V., Meira, R.M.S.A., Azevedo, A.A., Euclides, R.M.A., 2006. Estratégias anatômicas foliares de treze espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no

- Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) - MG, Brasil. Acta Bot. Bras., 20, 741-750.
- Silva, L.M., Alquini, Y., 2003. Anatomia comparativa de folhas e caules de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhlm. e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm. (Poaceae). Rer. Bras. Bot., 26, 185-192.
- Silva, L.M., Alquini, Y., Cavallet, V.J., 2005. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. Acta Bot. Bras., 19, 183-194.
- Silva-Filho, J.P.B., 2006. Caracterização anatômica de *Filgueirasia arenicola* (McClure) Guala (Poaceae: Bambusoideae: Arthrostylidiinae). Dissertação, Universidade de Brasília.
- Sperry, J.S., 2003. Evolution of water transport and xylem structure. Int. J. Plant Sci., 164(3 Suppl.), 115–127.
- Stearns, S.C., 1989. The evolutionary significance of phenotypic plasticity. BioScience, 39, 436-445.
- Sultan, S.E., 2000. Promising directions in plant phenotypic plasticity. Perspect in Plant Ecol. Evol. and Syst., 6, 227-233.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2004. Fisiologia vegetal. Artmed, Porto Alegre.
- Tateoka, T., Inoue, S., Kawano, S., 1959. Notes on Some Grasses. IX. Systematic significance of bicellular microhairs of leaf epidermis. Bot. Gaz. 121, 80-91.
- Traiperm, P., Boonkerd, T., Chantaranothai, P., Simpson, D.A., 2011. Vegetative anatomy of subtribe Ischaeminae (Poaceae) in Thailand. Trop. Nat. Hist., 11, 39-54.
- Ullah, Z., Khan, M.A., Ahmad, M., Zafar, M., Ullah, K., 2011. Systematic implications of foliar epidermis in Andropogoneae (Poaceae) from Hindukush-himalayas Pakistan. J. Med. Plants Res., 5, 949-957.
- Van Gardingen, P., Grace, J., 1991. Plants and wind. Adv. Bot. Res. 18, 189-253.
- Vasellati, V., Oesterheld, M., Medan, D., Loreti, J., 2001. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. Ann. Bot., 88, 355-360.
- Watson, L., Clifford, H.T., Dallwitz, M.J., 1985. The classification of Poaceae: Subfamilies and Supertribes. Aust. J. Bot. 33, 433-484
- Watson, L., Dallwitz, M.J., 1994. The grass genera of the world, 2nd. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

- Welker, C.A.D., Longhi-Wagner, H.M., 2012. The genera *Eriochrysis* P. Beauv., *Imperata* Cirillo and *Saccharum* L. (Poaceae – Andropogoneae – Saccharinae) in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Braz. J. Biol.* 35,87-105.
- West-Eberhard, M.J., 1989. Phenotypic plasticity and the origins of diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 20, 249-278.
- Willmer, C., Fricker, M., 1996. *Stomata*. 2 ed. Chapman & Hall, Londres.
- Wilson, D. 1972. Effect of selection for stomatal length and frequency on theoretical stomatal resistance to diffusion in *Lolium perenne* L., *New Phytol.*, 71, 811-817.
- Witkowski, E.T.F., Lamont, B.B, 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*, 88, 486-493.
- Wu, M.C.Y., 1962. The classification of Bambuseae based on leaf anatomy. *Bot. Bull. Acad. Sinica*, 3, 83-108.

Tabela 1. Localização das populações de *Saccharum villosum* e as siglas utilizadas no corpo do texto

Local de coleta	Coordenada geográfica	Acrônimo	Coletor/nº de coleta	Herbário
Mambaí (Estrada para Damianópolis)	14°33'51,0"S / 46°06'36,0" W	<i>S. villosum</i> (MD)	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 190	UB
Mambaí (Estrada para Cocos)	14°29'26,0"S / 46°06'12,0"W	<i>S. villosum</i> (M)	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 186	UB
Cavalcante	13°48'17,3"S / 47°27'50,8"W	<i>S. villosum</i> (C)	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 183	UB
Aparecida do Rio Doce	17°52'21,5"S / 50°57'48,9"W	<i>S. villosum</i> (A)	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 210	UB
Guapó	16°49'01,5"S / 49°31'51,6"W	<i>S. villosum</i> (G)	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 219	UB
Chapadão do Céu – Parque Nacional das Emas	18°15'32,0"S / 52°53'22,3" W	<i>S. villosum</i> (PNE)	Graciano-Ribeiro, D. <i>et al.</i> 254	UB

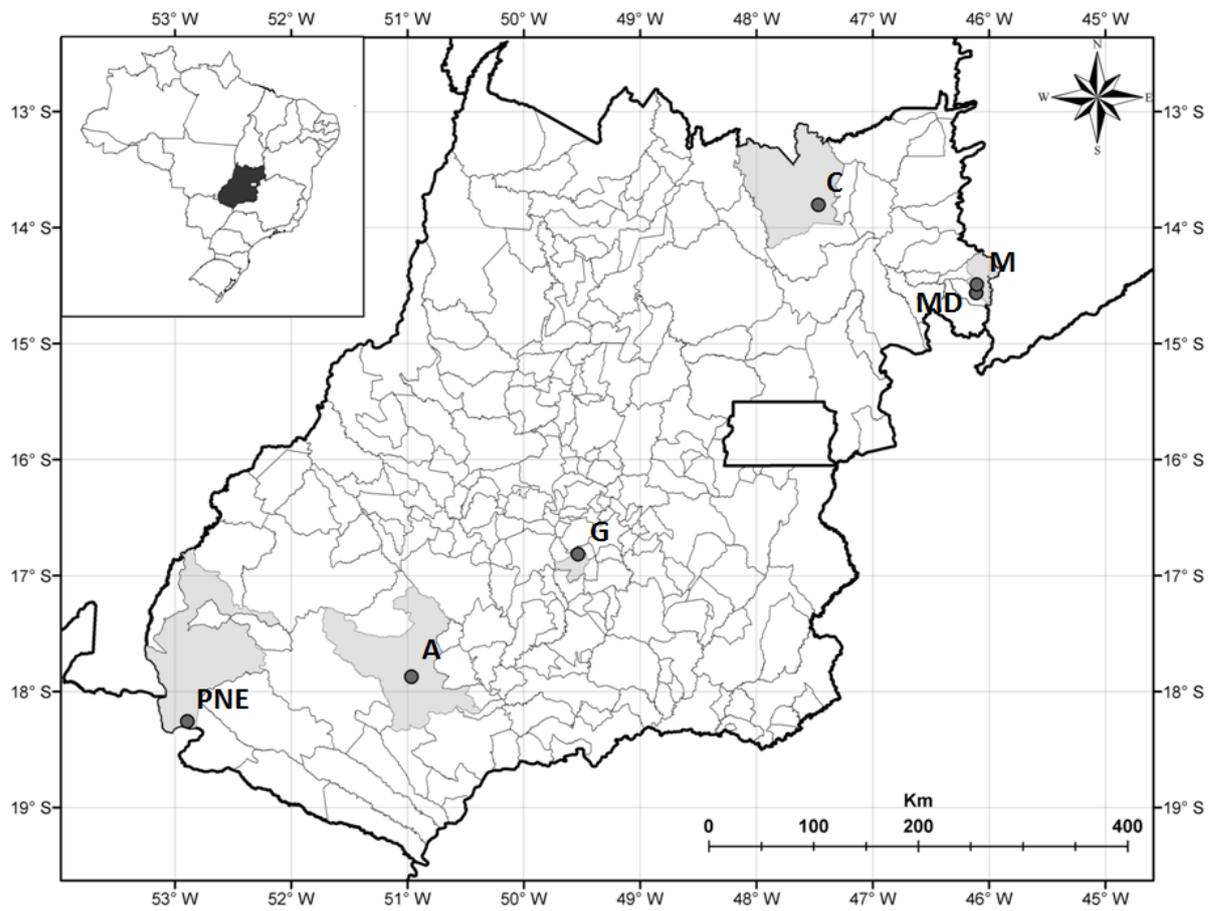


Figura 1. Distribuição das populações coletadas nas diferentes regiões do estado de Goiás.

Tabela 2. Categorias de algumas características utilizadas na descrição das estruturas celulares.

<b>Característica</b>	<b>Categoria</b>	<b>Critério</b>
Superfície da epiderme	Ondulações	de 2,01%-10% do mesofilo
	Sulco leve	de 10,01-20% do mesofilo
	Sulco médio	de 20,01-40% do mesofilo
	Sulco profundo	de 40,01-50% do mesofilo
	Reentrância	acima de 50,01% do mesofilo
Comprimento das células interestomáticas	Curta	Até 45 $\mu\text{m}$
	Média	Entre 45,01 e 55 $\mu\text{m}$
	Longa	Acima de 55,01 $\mu\text{m}$

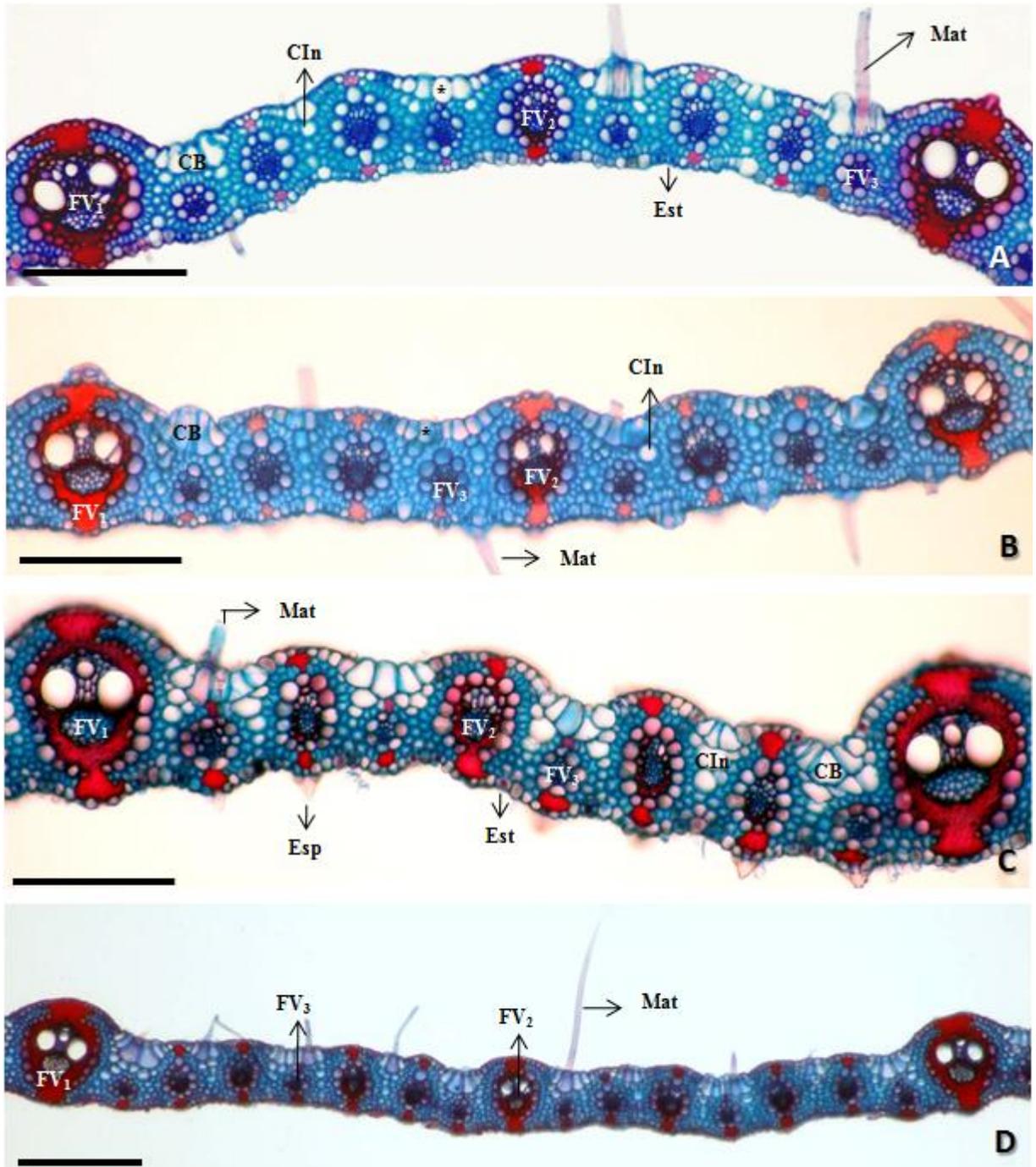


Figura 2. Aspectos da ala em secção transversal, com FV<sub>1</sub>, FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub>. Nota-se a variação no formato dos feixes vasculares e a distribuição dos FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub> entre dois FV<sub>1</sub>. Ainda observa-se a variação no formato das células buliformes: retangulares (asterisco) e em forma de leque (tipo mais comum). **A.** *S. villosum* MD; **B.** *S. villosum* M; **C.** *S. villosum* C; **D.** *S. villosum* A. CB. Células buliformes, Est. Estômato, CIn. Células incolores, Esp. Espinho, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1<sup>a</sup> ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2<sup>a</sup> ordem, FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3<sup>a</sup> ordem, Mat. Macrotricoma. Barra: 40 µm (A, B, C, E e F) e 20 µm (D).

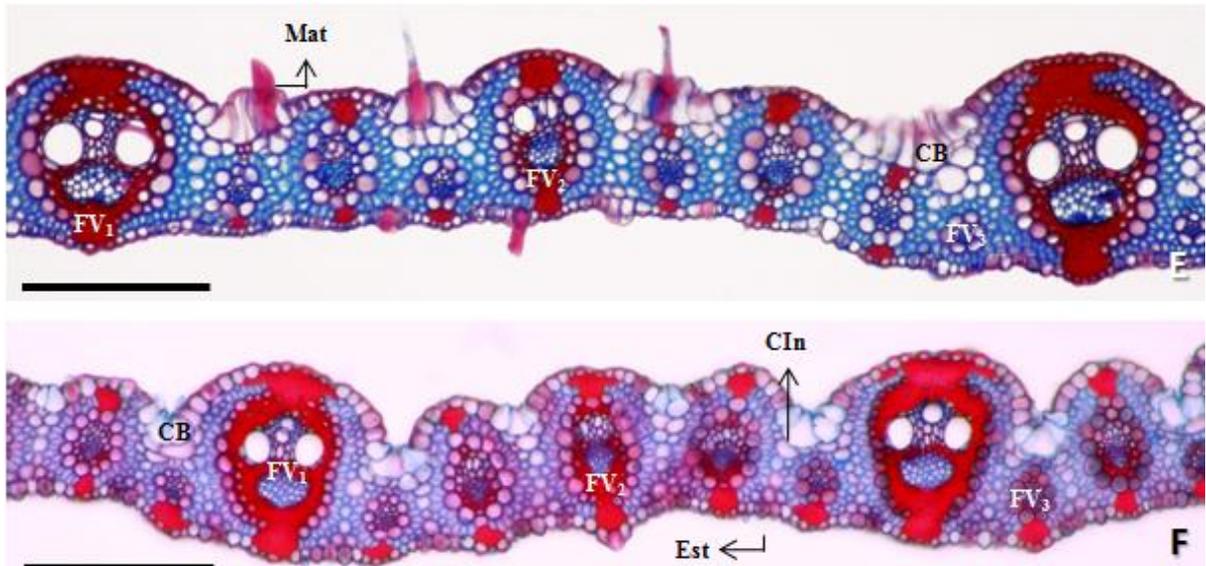


Figura 2 (cont). Aspectos da ala em secção transversal, com FV<sub>1</sub>, FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub>. Nota-se a variação no formato dos feixes vasculares e a distribuição dos FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub> entre dois FV<sub>1</sub>. Ainda observa-se a variação no formato das células buliformes: retangulares (asterisco) e em forma de leque (tipo mais comum). **E.** *S. villosum* G; **F.** *S. villosum* PNE. CB. Células buliformes, Est. Estômato, CIn. Células incolores, EBP. Extensão da bainha parenquimática, Esc. Esclerênquima, Esp. Espinho, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1<sup>a</sup> ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2<sup>a</sup> ordem, FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3<sup>a</sup> ordem, Mat. Macrotricoma. Barra: 40 μm (A, B, C, E e F) e 20 μm (D).

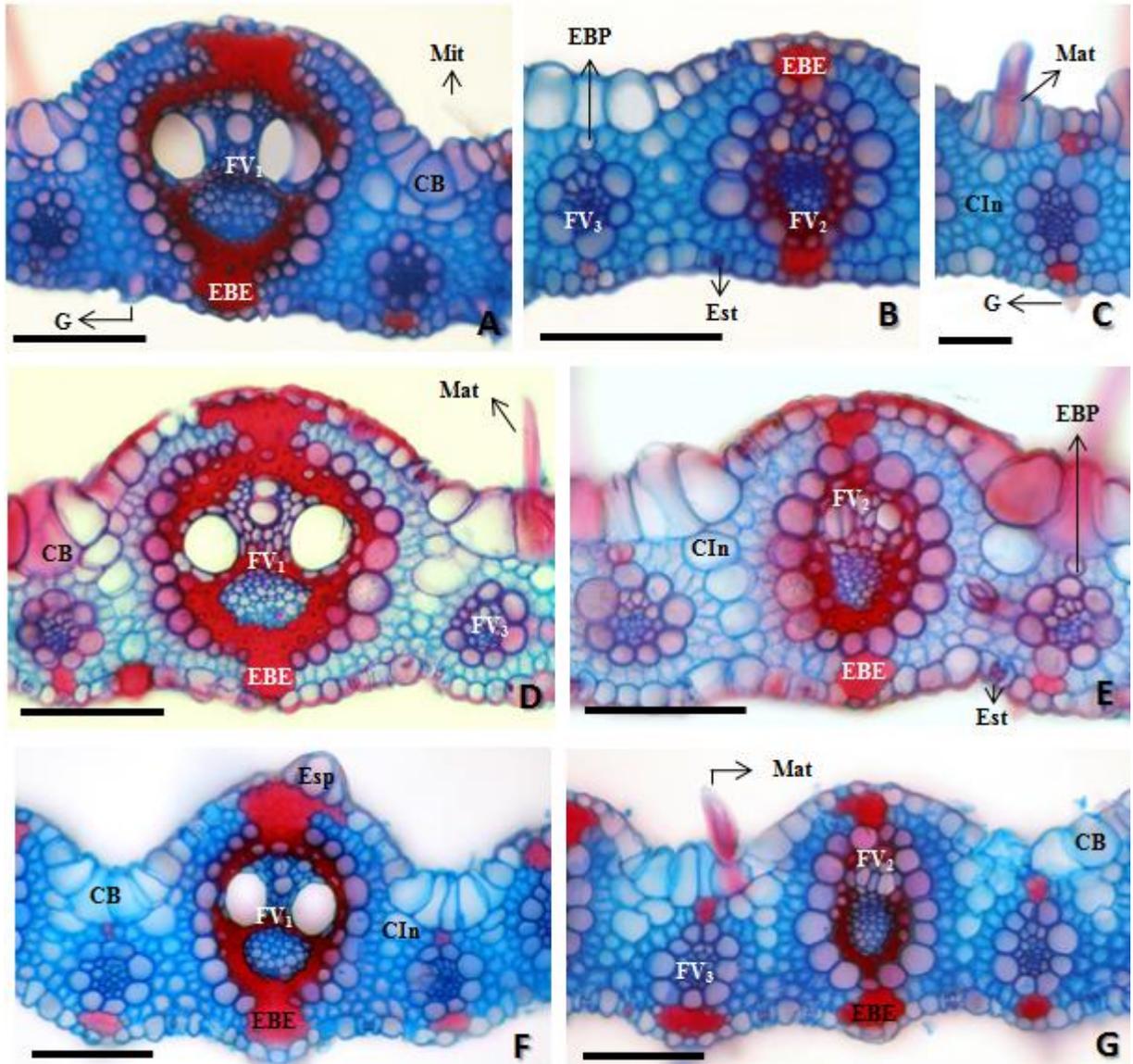


Figura 3. Detalhe da ala. FV<sub>1</sub> e FV<sub>3</sub> (à esquerda) e FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub> (à direita ou centro). Nota-se parênquima clorofiliano radial aos feixes vasculares. **A - C.** *S. villosum* MD. **A.** FV<sub>1</sub> oval, EBE adaxial em forma de “T” e abaxial em forma de cordão, observa-se gancho entre os feixes vasculares. **B.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática completa e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> circular com extensão de bainha parenquimática voltado para a face adaxial **C.** Detalhe dos macrotricomos em almofada e células incolores. **D e E.** *S. villosum* M. **D.** FV<sub>1</sub> circular, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, observa-se macrotricoma entre as células buliformes. **E.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática completa e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> com extensão de bainha parenquimática voltado para a face adaxia. **F e G.** *S. villosum* C. **F.** FV<sub>1</sub> elíptico, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, observa-se espinho sobre o feixe vascular de primeira ordem. **G.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática completa e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> circular com EBE voltada para a ambas as faces. CB. Células buliformes, Est. Estômato, Csi. Célula silicificada, CIn. Células incolores, EBP. Extensão da bainha parenquimática, EBE. Extensão da bainha esclerenquimática, Esp. Espinho, g. gancho, Mit. Microtricoma, Mat. Macrotricoma FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1<sup>a</sup> ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2<sup>a</sup> ordem, FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3<sup>a</sup> Ordem. Barra: 20 μm (A, B, D, E, F, G, H, J, K, L, M e O) e 10 μm (C, I e N).

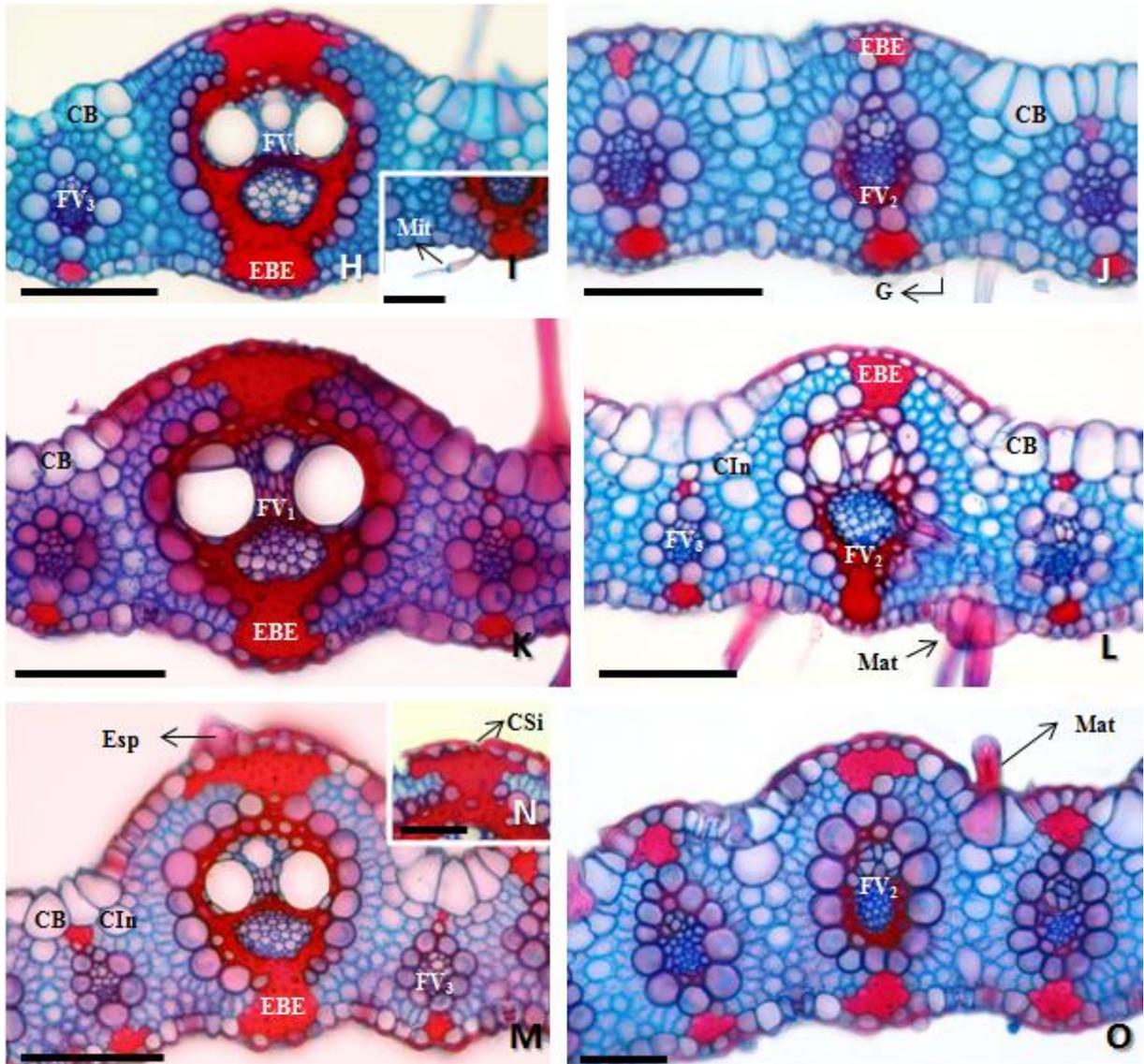


Figura 3 (cont.). Detalhe da ala. FV<sub>1</sub> e FV<sub>3</sub> (à esquerda) e FV<sub>2</sub> e FV<sub>3</sub> (à direita ou centro). Nota-se parênquima clorofiliano radial aos feixes vasculares. **H – J.** *S. villosum* A. **H.** FV<sub>1</sub> oval, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, e FV<sub>3</sub> circulares. **I.** Detalhe de microtricomias na face abaxial da epiderme. **J.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática. **K e L.** *S. villosum* G. **K.** FV<sub>1</sub> circular, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente. **L.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática incompleta e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas, FV<sub>3</sub> circulares com EBE voltada para ambas as faces da epiderme. **M - O.** *S. villosum* PNE. **M.** FV<sub>1</sub> circular, EBE adaxial e abaxial em forma de “T” e cordão, respectivamente, observa-se espinho sobre o feixe vascular de primeira ordem, FV<sub>3</sub>. Circular com bainha parenquimática completa e extensão de bainha esclerenquimática voltada para ambas as faces. **N.** Detalhe da célula silicificada sobre o FV<sub>1</sub>. **O.** FV<sub>2</sub> elíptico com bainha parenquimática incompleta na face abaxial e EBE em forma de cordão para ambas as faces epidérmicas. CB. Células buliformes, Est. Estômato, Csi. Célula silicificada, CIn. Células incolores, EBP. Extensão da bainha parenquimática, EBE. Extensão da bainha esclerenquimática, Esp. Espinho, g. gancho, Mit. Microtricoma, Mat. Macrotricoma FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem, FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3ª Ordem. Barra: 20 µm (A, B, D, E, F, G, H, J, K, L, M e O) e 10 µm (C, I e N).

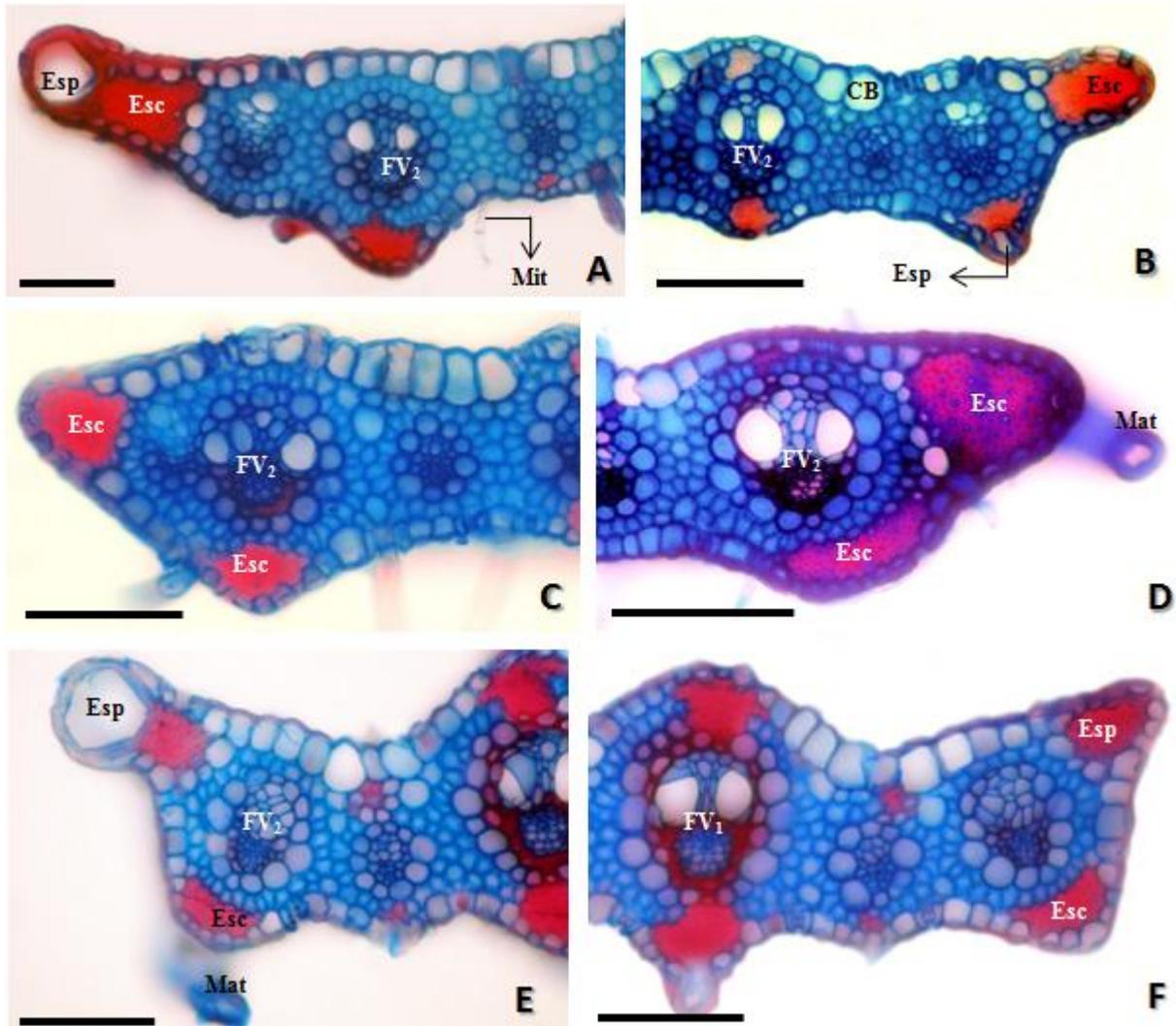


Figura 4. Aspectos dos bordos 01 (à esquerda) e 02 (à direita) em secção transversal. Nota-se a variação do(a): número de feixes vasculares, número de fibras sob o último feixe vascular e na extremidade: formato, posição e extensão das fibras e presença de cavidades de tricomas. **A e B.** *S. villosum* MD. **C e D.** *S. villosum* M. **E e F.** *S. villosum* C. Esp. Espinho, Mit. Microtricoma, Mat. Macrotricoma. FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem, Barra: 20 µm

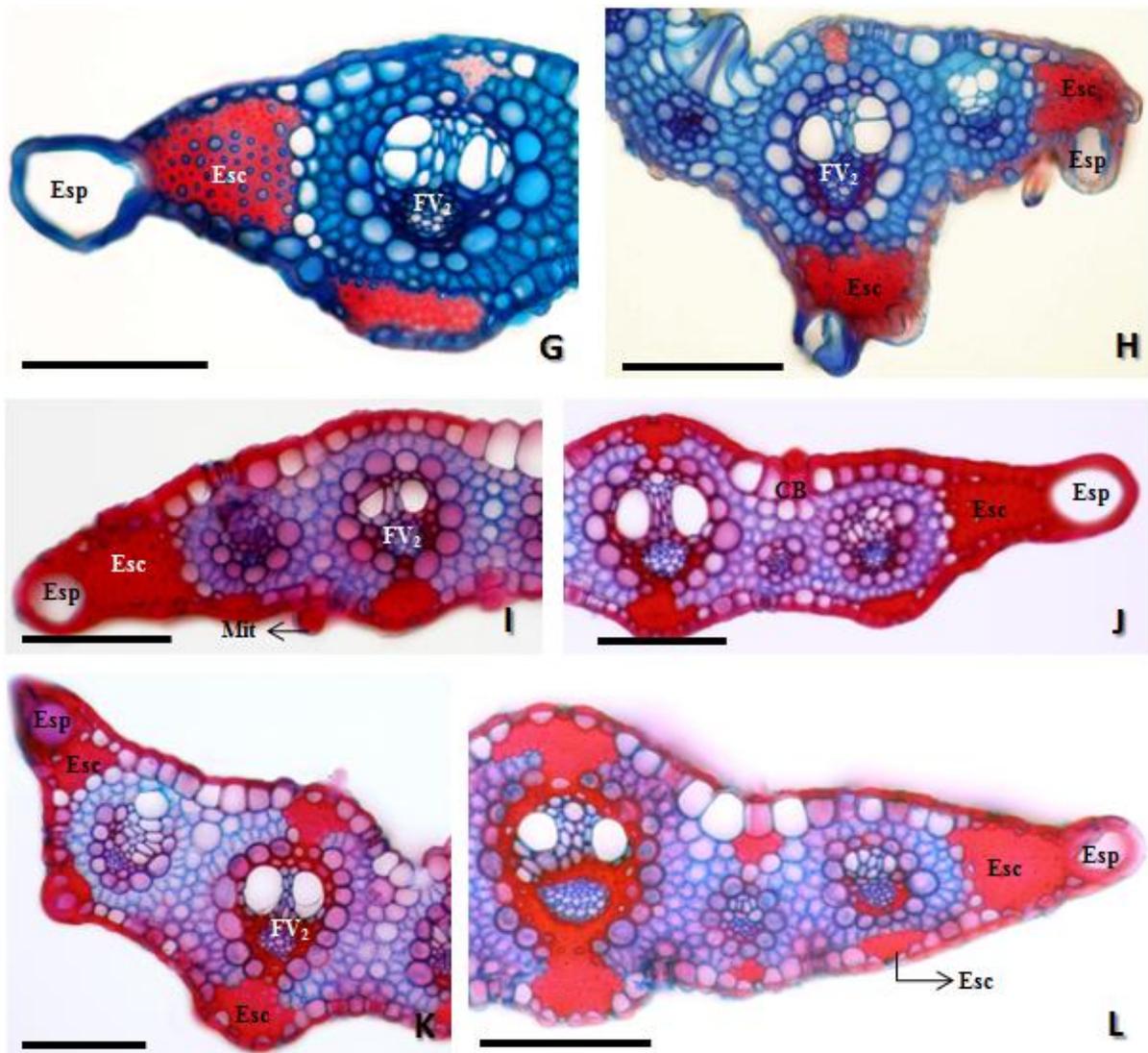


Figura 4 (cont). Aspectos dos bordos 01 (à esquerda) e 02 (à direita) em secção transversal. Nota-se a variação do(a): número de feixes vasculares, número de fibras sob o último feixe vascular e na extremidade: formato, posição e extensão das fibras e presença de cavidades de tricomas. **G e H.** *S. villosum* A. **I e J.** *S. villosum* G. **K e L.** *S. villosum* PNE. Esp. Espinho, Mit. Microtricoma, Mat. Macrotricoma FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem, Barra: 20 µm

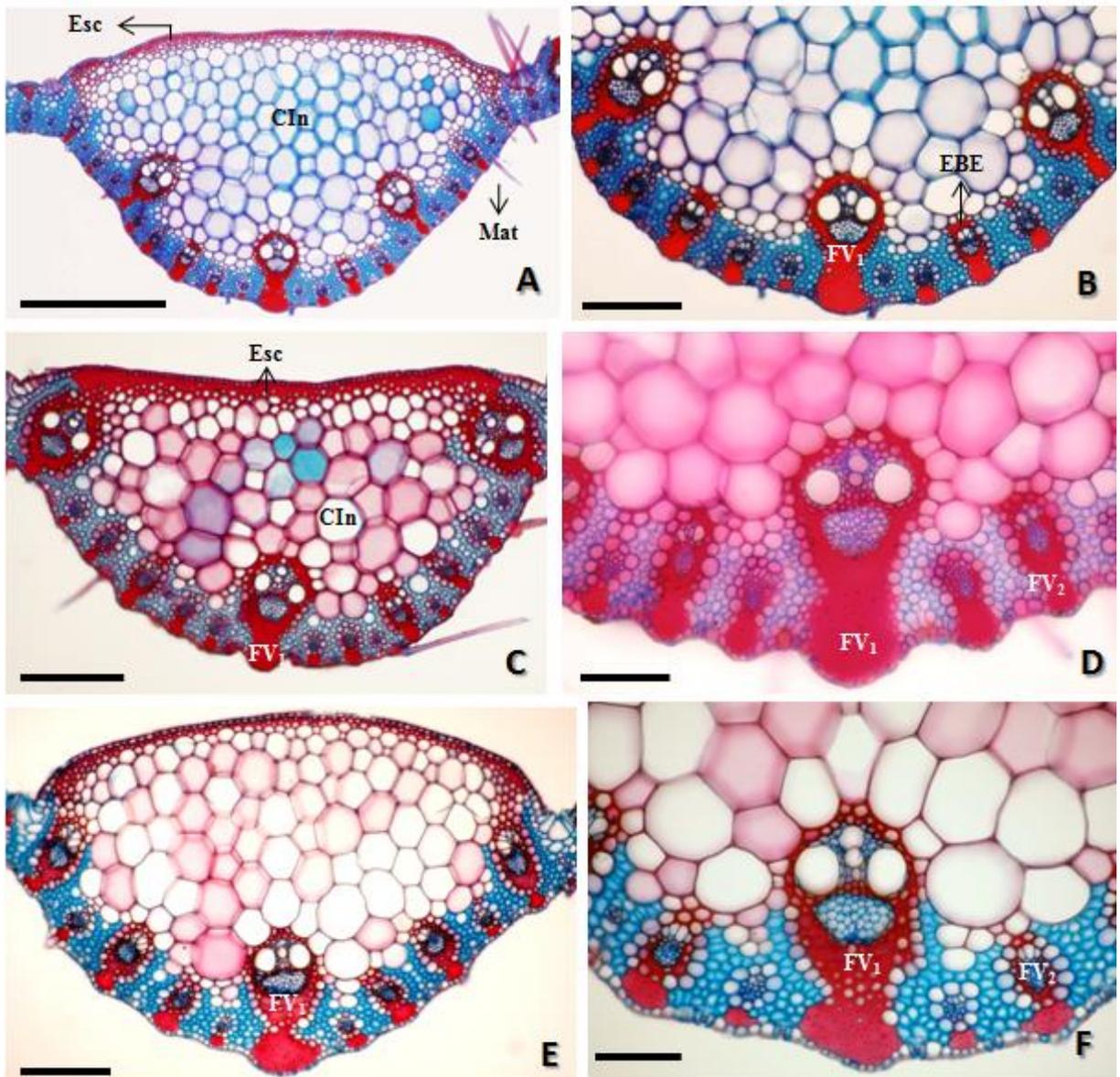


Figura 5. Nervura central em secção transversal. Vista geral (à esquerda), observa-se a variação de formatos, número de camadas de células incolores e de feixes vasculares totais, de 1ª, 2ª e 3ª ordem. Detalhes (à direita), principalmente da região abaxial, onde encontram-se os feixes vasculares, nota-se a variação nos formatos nas EBE dos feixes de 1ª, 2ª e 3ª ordem, além das bainhas parênquimáticas completas ou incompletas **A e B**. *S. villosum* MD. **A**. Nervura central plana-convexa. **B**. Feixe vascular de 1ª ordem central e laterais; de 2ª ordem evidenciando EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem com bainha incompleta e EBE apenas para a face abaxial. **C e D**. *S. villosum* M. **C**. Nervura central plana-convexa. **E**. Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem com bainha parênquimática incompleta e EBE voltada apenas para a face abaxial, feixe de 3ª ordem com bainha parênquimática incompleta e EBE voltada para a face abaxial. **E e F**. *S. villosum* C. **E**. Nervura central côncava-convexa. **G**. Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem com bainha parênquimática completa ou incompleta e feixe de 3ª ordem com bainha completa e EBE apenas para a face abaxial. Csi. Célula silicificada, Esc. Esclerenquima, CIn. Células incolores, Esp. Espinho, FV<sub>1</sub>. Feixe vascular de 1ª ordem, FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem, EBE. Extensão da bainha esclerenquimática. Barra: 80 µm (A, C, E, G, J e L), 20 µm (B, D, F, H, I, K e M).

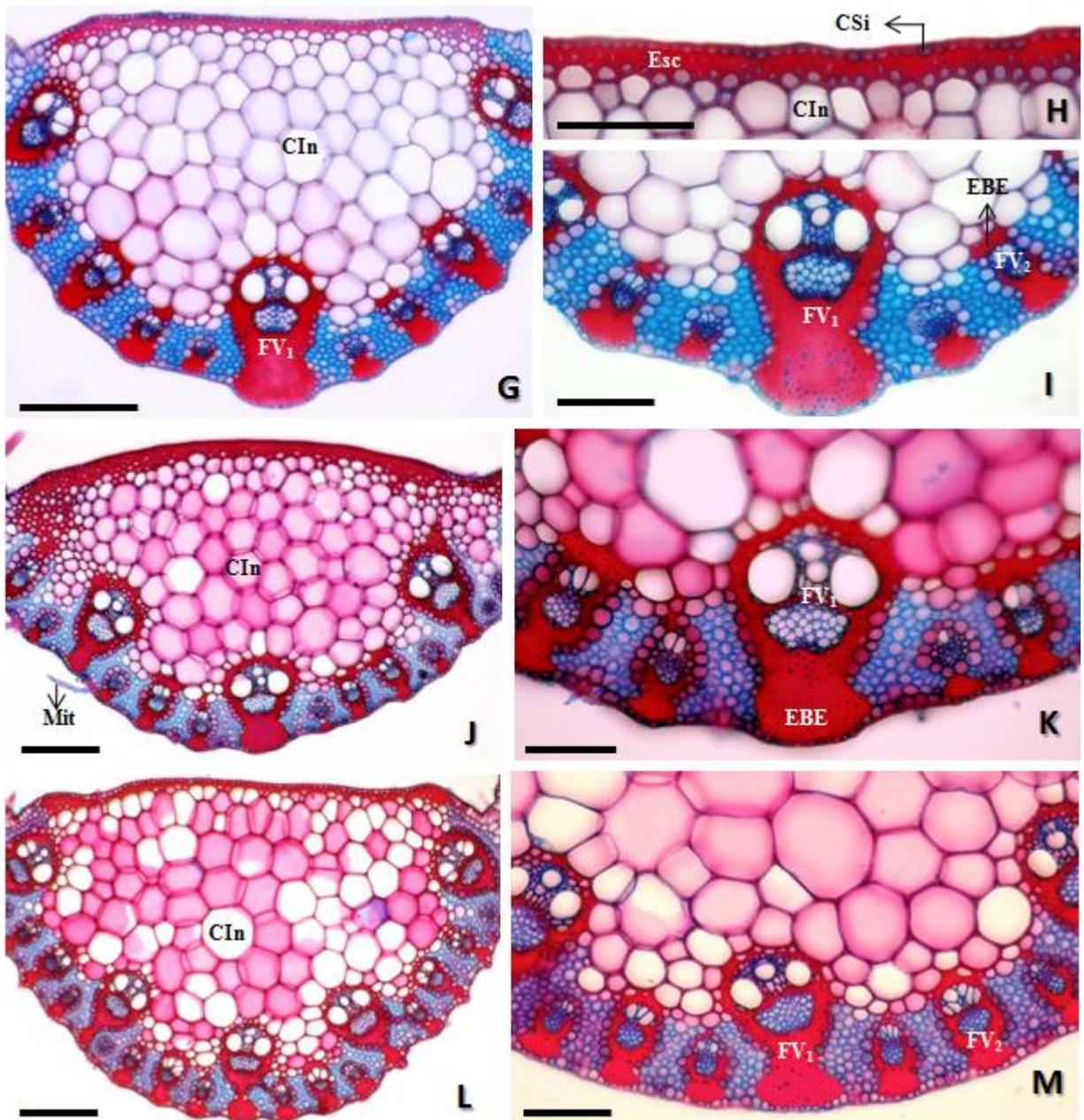


Figura 5 (cont). Nervura central em secção transversal. Vista geral (à esquerda), observa-se a variação de formatos, número de camadas de células incolores e de feixes vasculares totais, de 1ª, 2ª e 3ª ordem. Detalhes (à direita), principalmente da região abaxial, onde encontram-se os feixes vasculares, nota-se a variação nos formatos nas EBE dos feixes de 1ª, 2ª e 3ª ordem, além das bainhas parenquimáticas completas ou incompletas **G - I. *S. villosum* A.** **G.** Nervura central plana-convexa. **H.** Face adaxial da epiderme, evidenciando a epiderme uniestratificada, com células silicificadas no mesmo nível das C.E.C. e, imediatamente abaixo, até 3 camadas de esclerênquima. **I.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem evidenciando EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem com bainha incompleta e EBE apenas para a face abaxial. **J e K. *S. villosum* G. J.** Nervura central côncava-convexa. **J.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem com EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem com bainha parenquimática completa ou incompleta e EBE apenas para a face abaxial. **L e M. *S. villosum* PNE. L.** Nervura central plana-convexa. **G.** Feixe vascular de 1ª ordem central, de 2ª ordem com EBE estreita para a face adaxial e feixe de 3ª ordem com bainha completa e EBE voltada para a face adaxial (raro) e abaxial. **Csi.** Célula silicificada, **Esc.** Esclerênquima, **CIn.** Células incolores, **Esp.** Espinho, **FV<sub>1</sub>.** Feixe vascular de 1ª ordem, **FV<sub>2</sub>.** Feixe vascular de 2ª ordem, **EBE.** Extensão da bainha esclerenquimática. Barra: 80 µm (A, C, E, G, J e L), 20 µm (B, D, F, H, I, K e M).

Tabela 3. Variáveis quantitativas analisadas para a lâmina foliar, células epidérmicas e mesofilo das populações de *Saccharum villosum* Steud. estudadas.

<b>Caracteres analisados*/**</b>	<b>MD</b>	<b>M</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>G</b>	<b>PNE</b>
Lâmina foliar	172.12 ± 12.57 <sup>a</sup>	179.43 ± 10.79 <sup>a</sup>	221.29 ± 7.90 <sup>b</sup>	171.54 ± 11.63 <sup>a</sup>	190.30 ± 20.80 <sup>c</sup>	205.67 ± 17.20 <sup>d</sup>
Epiderme adaxial ***	15.53 ± 1.38 <sup>a</sup>	20.27 ± 3.22 <sup>b</sup>	21.16 ± 3.57 <sup>b</sup>	13.92 ± 1.70 <sup>a</sup>	19.78 ± 2.41 <sup>b</sup>	21.43 ± 3.58 <sup>b</sup>
Epiderme abaxial***	15.22 ± 1.77 <sup>a</sup>	17.74 ± 2.47 <sup>b</sup>	21.59 ± 2.67 <sup>c</sup>	12.84 ± 1.76 <sup>d</sup>	15.67 ± 1.93 <sup>a</sup>	22.18 ± 1.92 <sup>c</sup>
Cutícula adaxial	3.11 ± 0.84 <sup>a</sup>	3.13 ± 0.66 <sup>a</sup>	3.18 ± 0.81 <sup>ac</sup>	2.41 ± 0.63 <sup>b</sup>	3.33 ± 0.72 <sup>ac</sup>	3.71 ± 0.73 <sup>c</sup>
Cutícula abaxial	1.99 ± 0.41 <sup>a</sup>	2.74 ± 0.39 <sup>b</sup>	2.34 ± 0.32 <sup>c</sup>	2.01 ± 0.43 <sup>ad</sup>	2.30 ± 0.48 <sup>cd</sup>	2.88 ± 0.42 <sup>b</sup>
Células buliformes (altura)	43.27 ± 5.62 <sup>a</sup>	42.71 ± 4.47 <sup>a</sup>	43.29 ± 2.54 <sup>a</sup>	44.28 ± 5.99 <sup>a</sup>	36.88 ± 5.76 <sup>b</sup>	35.12 ± 4.87 <sup>b</sup>
Célula buliforme (%)	30.93 ± 5.43 <sup>a</sup>	30.48 ± 4.72 <sup>a</sup>	24.32 ± 1.93 <sup>b</sup>	30.87 ± 5.57 <sup>a</sup>	24.19 ± 4.26 <sup>b</sup>	21.82 ± 3.21 <sup>b</sup>
Mesofilo	141.37 ± 12.41 <sup>a</sup>	141.41 ± 11.59 <sup>a</sup>	178.53 ± 9.49 <sup>b</sup>	144.78 ± 11.64 <sup>a</sup>	154.41 ± 21.66 <sup>ac</sup>	162.05 ± 17.24 <sup>c</sup>
Cél. Incolores adaxiais	21.26 ± 2.63 <sup>a</sup>	20.41 ± 2.93 <sup>a</sup>	22.65 ± 3.91 <sup>a</sup>	17.98 ± 2.82 <sup>b</sup>	21.43 ± 3.11 <sup>a</sup>	17.48 ± 2.72 <sup>b</sup>
Cél. Incolores abaxiais	14.82 ± 2.37 <sup>a</sup>	15.39 ± 2.07 <sup>a</sup>	19.40 ± 2.87 <sup>b</sup>	15.20 ± 2.42 <sup>a</sup>	15.09 ± 2.36 <sup>a</sup>	17.44 ± 2.31 <sup>c</sup>
Parênquima clorofiliano	16.31 ± 2.67 <sup>ab</sup>	17.27 ± 3.22 <sup>a</sup>	17.86 ± 2.71 <sup>a</sup>	15.05 ± 2.66 <sup>b</sup>	15.36 ± 2.64 <sup>b</sup>	16.09 ± 2.98 <sup>ab</sup>
Distância entre os FVs	44.07 ± 5.73 <sup>a</sup>	39.40 ± 5.58 <sup>b</sup>	45.21 ± 4.39 <sup>a</sup>	39.76 ± 4.72 <sup>b</sup>	38.11 ± 4.72 <sup>b</sup>	38.85 ± 5.73 <sup>b</sup>

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm)

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*\* Foram medidas as células epidérmicas entre os feixes vasculares

Tabela 4. Comparação entre estruturas celulares e cutículas voltadas para a face adaxial e abaxial das populações de *Saccharum villosum* Steud estudadas.

Categorias analisadas*/**		MD	M	C	A	G	PNE
Epiderme	Adaxial	15.53 ±1.38 <sup>a</sup>	20.27 ±3.22 <sup>a</sup>	21.16 ±3.57 <sup>a</sup>	13.92 ±1.70 <sup>a</sup>	19.78 ±2.41 <sup>a</sup>	21.43 ±3.58 <sup>a</sup>
	Abaxial	15.22 ±1.77 <sup>a</sup>	17.74 ±2.47 <sup>b</sup>	21.59 ±2.67 <sup>a</sup>	12.84 ±1.76 <sup>b</sup>	15.67 ±1.93 <sup>b</sup>	22.18 ±1.92 <sup>a</sup>
Cutícula	Adaxial	3.11 ±0.84 <sup>a</sup>	3.13 ±0.66 <sup>a</sup>	3.18 ±0.81 <sup>a</sup>	2.41 ±0.63 <sup>a</sup>	3.33 ±0.72 <sup>a</sup>	3.71 ±0.73 <sup>a</sup>
	Abaxial	1.99 ±0.41 <sup>b</sup>	2.74 ±0.39 <sup>b</sup>	2.34 ±0.32 <sup>b</sup>	2.01 ±0.43 <sup>b</sup>	2.30 ±0.48 <sup>b</sup>	2.88 ±0.42 <sup>b</sup>
Cél. Incolores	Adaxial	21.26 ±2.63 <sup>a</sup>	20.41 ±2.93 <sup>a</sup>	22.65 ±3.91 <sup>a</sup>	17.98 ±2.82 <sup>a</sup>	21.43 ±3.11 <sup>a</sup>	17.48 ±2.72 <sup>a</sup>
	Abaxial	14.82 ±2.37 <sup>b</sup>	15.39 ±2.07 <sup>b</sup>	19.40 ±2.87 <sup>b</sup>	15.20 ±2.42 <sup>b</sup>	15.09 ±2.36 <sup>b</sup>	17.44 ±2.31 <sup>a</sup>

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm)

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas (por categoria), não diferem estatisticamente pelo teste de t.

Tabela 5. Variáveis quantitativas analisadas para os feixes vasculares da ala das populações de *Saccharum villosum* Steud estudadas. ➡MetX. Diâmetro do metaxilema; ➡ bainha. Diâmetro das células da bainha parenquimática.

Caracteres analisados*/**		MD	M	C	A	G	PNE
Feixe de 1ª ordem	Comprimento	131.51 ± 10.62 <sup>a</sup>	117.66 ± 11.34 <sup>b</sup>	147.49 ± 13.29 <sup>c</sup>	118.05 ± 10.28 <sup>b</sup>	130.24 ± 15.25 <sup>a</sup>	142.37 ± 11.80 <sup>c</sup>
	Largura	109.65 ± 12.42 <sup>ac</sup>	99.85 ± 10.11 <sup>b</sup>	108.17 ± 12.46 <sup>a</sup>	112.70 ± 12.36 <sup>ac</sup>	116.80 ± 12.31 <sup>c</sup>	97.67 ± 7.36 <sup>b</sup>
	➡ bainha	16.81 ± 3.88 <sup>ab</sup>	18.11 ± 3.44 <sup>b</sup>	20.84 ± 4.51 <sup>c</sup>	14.57 ± 3.05 <sup>a</sup>	16.99 ± 3.54 <sup>ab</sup>	16.39 ± 3.46 <sup>ab</sup>
	➡ MetX.	45.80 ± 3.81 <sup>a</sup>	35.74 ± 4.93 <sup>b</sup>	48.14 ± 4.90 <sup>a</sup>	40.80 ± 5.28 <sup>c</sup>	46.91 ± 4.88 <sup>a</sup>	41.31 ± 2.54 <sup>c</sup>
	Esc. total***	51.07 ± 4.59 <sup>a</sup>	64.64 ± 6.09 <sup>b</sup>	71.65 ± 6.77 <sup>c</sup>	49.56 ± 4.51 <sup>a</sup>	47.43 ± 5.69 <sup>d</sup>	62.99 ± 5.96 <sup>b</sup>
Feixe de 2ª ordem	Comprimento	73.87 ± 13.27 <sup>a</sup>	117.66 ± 11.34 <sup>b</sup>	97.24 ± 8.60 <sup>c</sup>	50.66 ± 11.88 <sup>d</sup>	94.79 ± 13.87 <sup>c</sup>	92.79 ± 12.12 <sup>c</sup>
	Largura	31.49 ± 8.44 <sup>a</sup>	39.52 ± 11.82 <sup>b</sup>	31.08 ± 9.49 <sup>a</sup>	32.30 ± 9.16 <sup>a</sup>	33.81 ± 10.01 <sup>a</sup>	21.81 ± 8.38 <sup>c</sup>
	➡ bainha	19.27 ± 3.14 <sup>a</sup>	19.54 ± 2.54 <sup>a</sup>	22.28 ± 3.83 <sup>b</sup>	17.09 ± 2.68 <sup>c</sup>	21.91 ± 2.71 <sup>b</sup>	19.73 ± 2.33 <sup>a</sup>
	Esc. total***	36.57 ± 4.94 <sup>a</sup>	47.32 ± 5.05 <sup>b</sup>	55.98 ± 6.02 <sup>c</sup>	42.19 ± 3.79 <sup>d</sup>	47.43 ± 5.69 <sup>b</sup>	52.02 ± 5.37 <sup>c</sup>
Feixe de 3ª ordem	Comprimento	45.06 ± 7.25 <sup>a</sup>	43.11 ± 10.38 <sup>a</sup>	50.49 ± 9.83 <sup>a</sup>	18.86 ± 5.00 <sup>b</sup>	36.57 ± 8.01 <sup>c</sup>	36.52 ± 7.42 <sup>c</sup>
	Largura	18.26 ± 6.15 <sup>a</sup>	23.77 ± 5.34 <sup>b</sup>	16.45 ± 7.69 <sup>a</sup>	16.56 ± 6.23 <sup>a</sup>	24.15 ± 4.85 <sup>b</sup>	10.57 ± 4.80 <sup>c</sup>
	➡ bainha	14.88 ± 2.39 <sup>a</sup>	17.99 ± 2.94 <sup>b</sup>	18.29 ± 2.69 <sup>b</sup>	14.85 ± 2.90 <sup>a</sup>	17.26 ± 2.93 <sup>b</sup>	15.07 ± 2.04 <sup>a</sup>
	Esc. total***	28.60 ± 4.88 <sup>a</sup>	30.09 ± 4.85 <sup>a</sup>	40.12 ± 6.59 <sup>b</sup>	30.90 ± 5.48 <sup>a</sup>	30.23 ± 4.79 <sup>a</sup>	40.86 ± 4.90 <sup>b</sup>

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*\* Esclerênquima total: soma das espessuras das extensões de bainhas esclerenquimáticas voltadas para a face adaxial e abaxial da epiderme.

Tabela 6. Comparação entre estruturas dos feixes vasculares da ala (1ª, 2ª e 3ª ordem) das populações de *Saccharum villosum* Steud estudadas. ➔. Diâmetro

Categorias analisadas*/**		MD	M	C	A	G	PNE
Comprimento	1ª ordem	131.51 ±10.62 <sup>a</sup>	117.66 ±11.34 <sup>a</sup>	147.49 ±13.29 <sup>a</sup>	118.05 ±10.28 <sup>a</sup>	130.24 ±15.25 <sup>a</sup>	142.37 ±11.80 <sup>a</sup>
	2ª ordem	73.87 ±13.27 <sup>b</sup>	117.66 ±11.34 <sup>b</sup>	97.24 ±8.60 <sup>b</sup>	50.66 ±11.88 <sup>b</sup>	94.79 ±13.87 <sup>b</sup>	92.79 ±12.12 <sup>b</sup>
	3ª ordem	45.06 ±7.25 <sup>c</sup>	43.11 ±10.38 <sup>c</sup>	50.49 ±9.83 <sup>c</sup>	18.86 ±5.00 <sup>c</sup>	36.57 ±8.01 <sup>c</sup>	36.52 ±7.42 <sup>c</sup>
Largura	1ª ordem	109.65 ±12.42 <sup>a</sup>	99.85 ±10.11 <sup>a</sup>	108.17 ±12.46 <sup>a</sup>	112.70 ±12.36 <sup>a</sup>	116.80 ±12.31 <sup>a</sup>	97.67 ±7.36 <sup>a</sup>
	2ª ordem	31.49 ±8.44 <sup>b</sup>	39.52 ± 11.82 <sup>b</sup>	31.08 ±9.49 <sup>b</sup>	32.30 ±9.16 <sup>b</sup>	33.81 ± 10.01 <sup>b</sup>	21.81 ±8.38 <sup>b</sup>
	3ª ordem	18.26 ±6.15 <sup>c</sup>	23.77 ± 5.34 <sup>c</sup>	16.45 ±7.69 <sup>c</sup>	16.56 ±6.23 <sup>c</sup>	24.15 ± 4.85 <sup>c</sup>	10.57 ±4.80 <sup>c</sup>
➔ células da bainha	1ª ordem	16.81 ±3.88 <sup>a</sup>	18.11 ±3.44 <sup>a</sup>	20.84 ±4.51 <sup>a</sup>	14.57 ±3.05 <sup>a</sup>	16.99 ±3.54 <sup>a</sup>	16.39 ±3.46 <sup>a</sup>
	2ª ordem	19.27 ±3.14 <sup>b</sup>	19.54 ±2.54 <sup>a</sup>	22.28 ±3.83 <sup>a</sup>	17.09 ±2.68 <sup>b</sup>	21.91 ±2.71 <sup>b</sup>	19.73 ±2.33 <sup>b</sup>
	3ª ordem	14.88 ±2.39 <sup>a</sup>	17.99 ±2.94 <sup>a</sup>	18.29 ±2.69 <sup>b</sup>	14.85 ±2.90 <sup>a</sup>	17.26 ±2.93 <sup>a</sup>	15.07 ±2.04 <sup>a</sup>
Esclerênquima total***	1ª ordem	51.07 ±4.59 <sup>a</sup>	64.64 ±6.09 <sup>a</sup>	71.65 ±6.77 <sup>a</sup>	49.56 ±4.51 <sup>a</sup>	47.43 ±5.69 <sup>a</sup>	62.99 ±5.96 <sup>a</sup>
	2ª ordem	36.57 ±4.94 <sup>b</sup>	47.32 ±5.05 <sup>b</sup>	55.98 ±6.02 <sup>b</sup>	42.19 ±3.79 <sup>b</sup>	47.43 ±5.69 <sup>b</sup>	52.74 ±6.06 <sup>b</sup>
	3ª ordem	28.60 ±4.88 <sup>c</sup>	30.09 ±4.85 <sup>c</sup>	40.12 ±6.59 <sup>c</sup>	30.90 ±5.48 <sup>c</sup>	30.23 ±4.79 <sup>c</sup>	40.86 ±4.90 <sup>c</sup>
Nº de células da bainha	1ª ordem	23.47 ±3.04 <sup>a</sup>	20.33 ±3.14 <sup>a</sup>	23.87 ±3.81 <sup>a</sup>	22.23 ±2.54 <sup>a</sup>	21.87 ±4.24 <sup>a</sup>	23.63 ±4.09 <sup>a</sup>
	2ª ordem	12.03 ±1.88 <sup>b</sup>	12.73 ±1.31 <sup>b</sup>	13.40 ±1.77 <sup>b</sup>	12.97 ± 2.41 <sup>b</sup>	14.00 ±1.72 <sup>b</sup>	14.03 ±2.01 <sup>b</sup>
	3ª ordem	8.40 ±1.10 <sup>c</sup>	8.13 ±0.94 <sup>c</sup>	8.70 ±1.06 <sup>c</sup>	8.17 ±1.34 <sup>c</sup>	7.63 ± 0.81 <sup>c</sup>	8.17 ±1.39 <sup>c</sup>

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm)

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas (por categoria), não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*\* Esclerênquima total: soma das espessuras das extensões de bainhas esclerenquimáticas voltadas para a face adaxial e abaxial da epiderme.

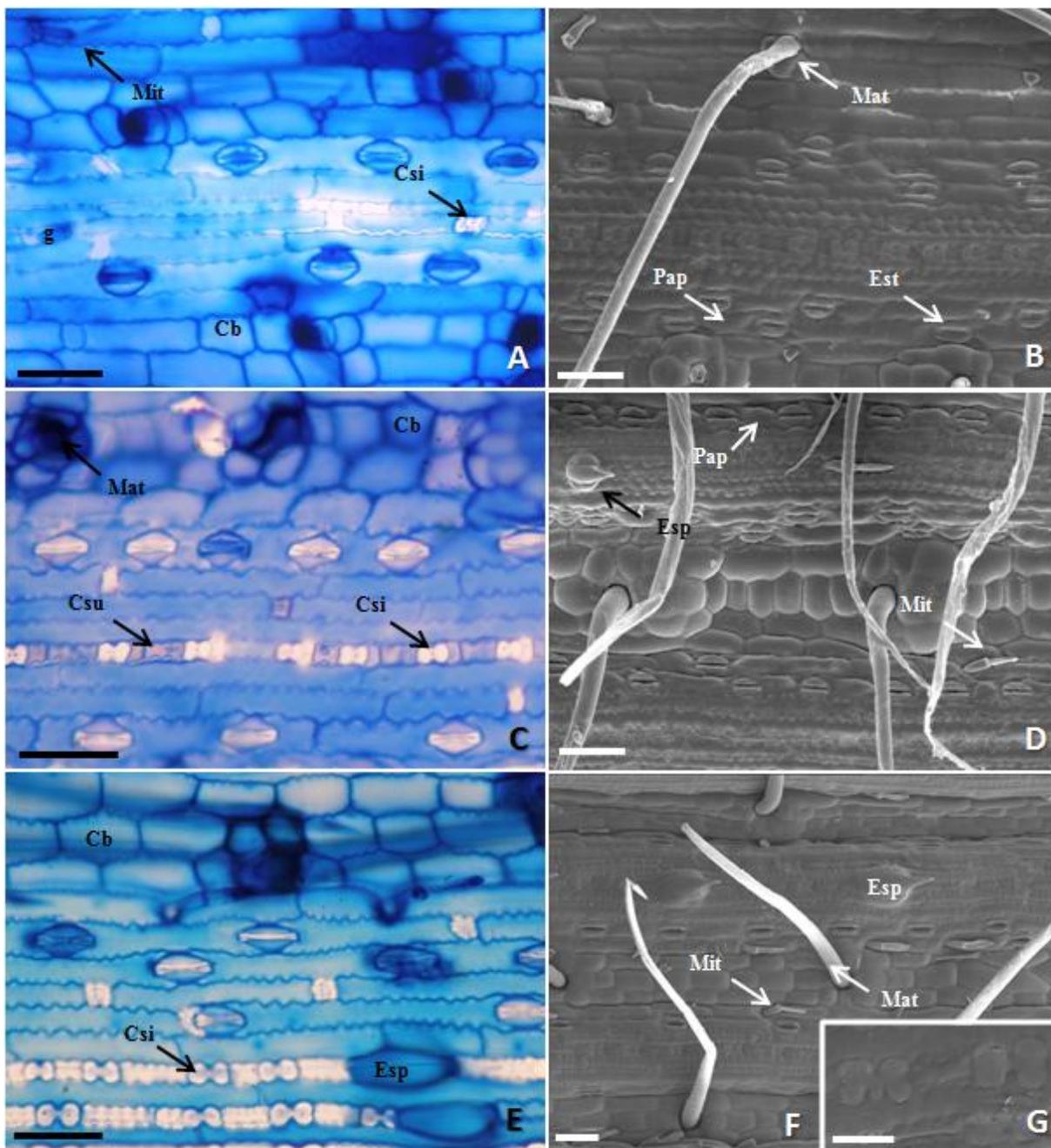


Figura 6. Seções paradérmicas da face adaxial de *S. villosum* Steud sob microscopia óptica (coluna da esquerda) e de varredura (coluna da direita). **A e B.** *S. villosum* MD, **A.** Estômatos em cúpula, microtricomas, macrotricomas em almofada e ganchos, e célula silicificada halteriforme. **B.** Macrotricomas em almofada entre as células buliformes e papilas nas células interestomáticas. **C e D.** *S. villosum* M; **C.** Estômatos triangulares e em cúpula, macrotricomas e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **D.** Evidencia-se os macrotricomas em almofada entre as células buliformes, espinhos na zona costal e papilas nas células interestomática. **E - G.** *S. villosum* C; **E.** Estômatos em cúpula, células silicificadas halteriformes em longas fileiras com até 60 células, espinho e macrotricomas. **F.** macrotricomas e microtricomas na zona intercostal e espinhos na zona costal. **G.** Detalhe das células silicificadas nodulares e halteriformes em *S. villosum* C. Cb Células buliformes, Mat. Macrotricomas, Mit. Microtricomas, Esp. Espinho, g. Gancho, Csi. Célula silicificada, CsU. Célula suberosa, Pap. Papila. Barra: 10  $\mu\text{m}$  (A, C, E, H, K, M e N); 20  $\mu\text{m}$  (G, J e P); 50  $\mu\text{m}$  (B, D, F, I, L e O).

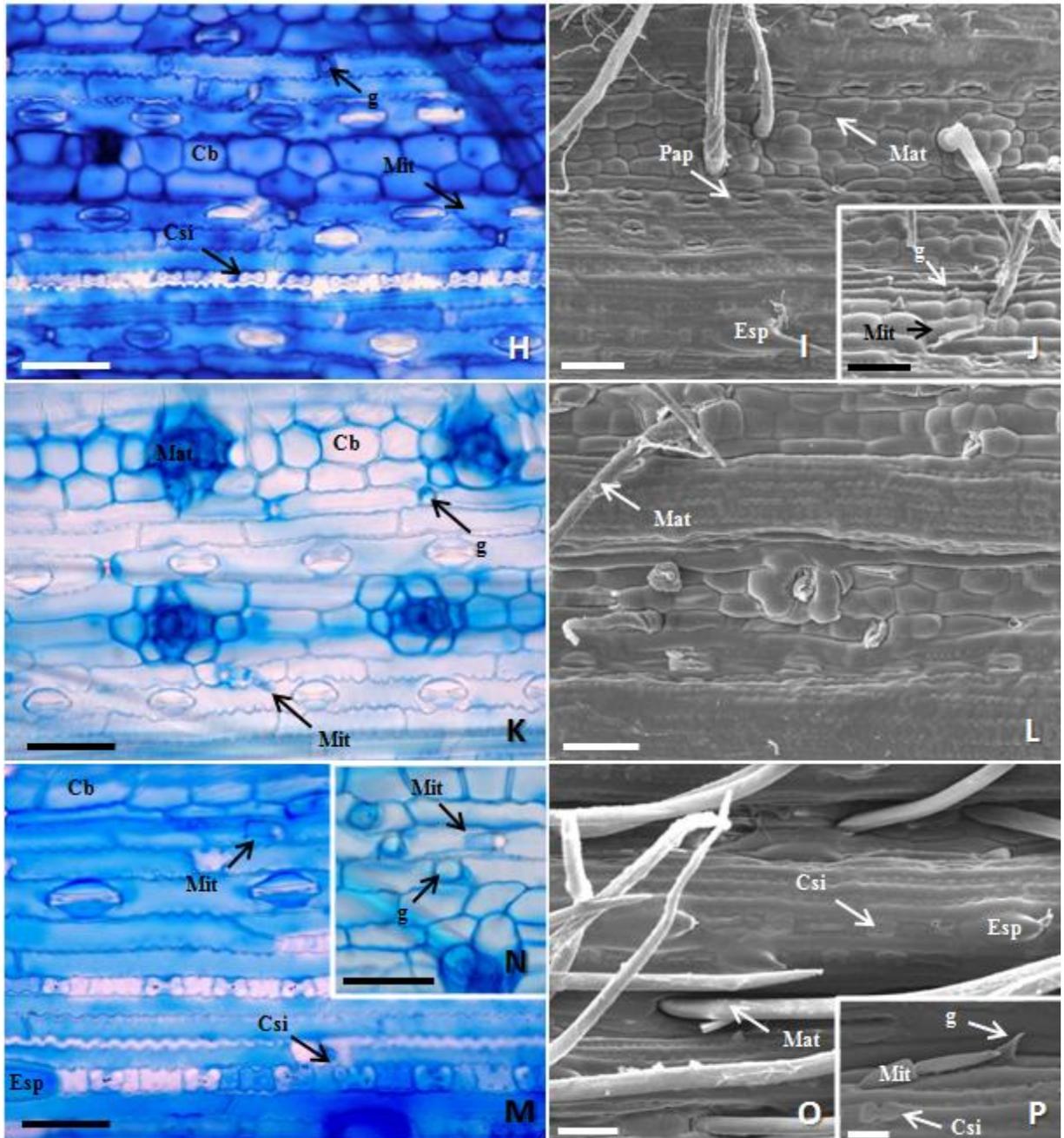


Figura 6 (cont.). Seções paradérmicas da face adaxial de *S. villosum* Steud sob microscopia óptica (coluna da esquerda) e de varredura (coluna da direita). **H - J.** *S. villosum* A; **H.** Estômatos em cúpula, microtricomas, ganchos, e célula silicificada halteriforme em longas fileiras (até 60 células). **I.** macrotricomas entre as células buliformes e papilas nas células interestomáticas. **J.** Detalhe dos ganchos e microtricomas entre as células buliformes. **K e L.** *S. villosum* G; **K.** Estômatos em cúpula, microtricomas na zona intercostal e macrotricomas em almofada entre as células buliformes. **L.** Macrotricomas em almofada, nota-se os sulcos profundos na zona intercostal. **M - P.** *S. villosum* PNE; **M.** Estômatos em cúpula, microtricomas, espinhos e células silicificadas halteriformes e nodulares em longas fileiras (mais de 60 células). **N.** Detalhe de ganchos e microtricomas entre as células buliformes. **O.** Macrotricomas na zona intercostal e espinhos na zona costal, e células silicificadas na zona costal e sulcos profundos. **P.** Detalhe de microtricomas, ganchos e célula buliforme halteriforme. Cb Células buliformes, Mat. Macrotricomas, Mit. Microtricomas, Esp. Espinho, g. Gancho, Csi. Célula silicificada, Csu. Célula suberosa, Pap. Papila. Barra: 10 µm (A, C, E, H, K, M e N); 20 µm (G, J e P); 50 µm (B, D, F, I, L e O).

Tabela 7. Variáveis quantitativas (\*\*/\*\*) analisadas para a face adaxial da epiderme das populações de *Saccharum villosum* Steud. estudadas. IE. Índice estomático. Csi. Célula silicificada. Csu. Célula suberosa. CL. Célula longa.

Caracteres analisados		MD	M	C	A	G	PNE
Estômato	Comp.	29.42 ± 3.93 <sup>ab</sup>	31.06 ± 3.07 <sup>a</sup>	36.61 ± 3.18 <sup>c</sup>	26.92 ± 4.23 <sup>b</sup>	27.74 ± 3.03 <sup>b</sup>	39.72 ± 3.17 <sup>d</sup>
	Área	1930.91 ± 441.69 <sup>ab</sup>	2156.57 ± 518.68 <sup>ac</sup>	2233.50 ± 346.55 <sup>c</sup>	1638.92 ± 388.88 <sup>d</sup>	1670.36 ± 298.10 <sup>bd</sup>	2724.29 ± 462.82 <sup>e</sup>
IE		19.89 ± 4.28 <sup>a</sup>	30.51 ± 5.11 <sup>b</sup>	21.59 ± 6.21 <sup>ac</sup>	19.56 ± 4.87 <sup>a</sup>	22.32 ± 5.50 <sup>ac</sup>	24.79 ± 5.82 <sup>c</sup>
Célula interestomática		48.80 ± 19.30 <sup>a</sup>	46.15 ± 14.82 <sup>a</sup>	73.74 ± 16.65 <sup>b</sup>	48.80 ± 19.30 <sup>a</sup>	53.43 ± 13.03 <sup>a</sup>	70.33 ± 12.66 <sup>b</sup>
Célula buliforme (área)		899.95 ± 266.07 <sup>ab</sup>	1124.48 ± 330.20 <sup>ac</sup>	1625.15 ± 427.58 <sup>d</sup>	792.09 ± 245.64 <sup>b</sup>	913.23 ± 247.37 <sup>ab</sup>	1177.06 ± 272.92 <sup>c</sup>
Zona costal	Csi Larg.	7.17 ± 1.63 <sup>a</sup>	12.25 ± 2.22 <sup>b</sup>	12.83 ± 1.68 <sup>b</sup>	10.21 ± 1.82 <sup>c</sup>	10.49 ± 1.72 <sup>c</sup>	14.17 ± 1.24 <sup>d</sup>
	Comp.	18.28 ± 2.99 <sup>a</sup>	18.40 ± 3.59 <sup>a</sup>	25.32 ± 3.11 <sup>b</sup>	18.13 ± 3.43 <sup>a</sup>	15.65 ± 2.71 <sup>c</sup>	21.37 ± 3.28 <sup>d</sup>
	Csu Larg.	10.94 ± 2.15 <sup>a</sup>	12.79 ± 1.87 <sup>b</sup>	14.35 ± 2.39 <sup>c</sup>	11.12 ± 1.17 <sup>a</sup>	12.81 ± 2.12 <sup>b</sup>	14.98 ± 1.75 <sup>c</sup>
	Comp.	10.10 ± 2.73 <sup>a</sup>	8.48 ± 2.02 <sup>a</sup>	16.20 ± 3.53 <sup>b</sup>	10.10 ± 2.73 <sup>a</sup>	13.83 ± 2.72 <sup>b</sup>	22.12 ± 3.79 <sup>c</sup>
	CL Larg.	13.54 ± 2.33 <sup>a</sup>	15.69 ± 2.67 <sup>b</sup>	15.74 ± 2.85 <sup>b</sup>	13.68 ± 2.37 <sup>a</sup>	12.84 ± 2.02 <sup>a</sup>	15.37 ± 1.74 <sup>b</sup>
Zona intercostal	Comp.	135.98 ± 27.29 <sup>a</sup>	106.59 ± 26.91 <sup>b</sup>	140.68 ± 25.37 <sup>a</sup>	131.87 ± 26.60 <sup>a</sup>	106.29 ± 27.52 <sup>b</sup>	170.46 ± 30.89 <sup>c</sup>
	Csu Larg.	13.44 ± 2.57 <sup>a</sup>	15.50 ± 2.63 <sup>a</sup>	14.02 ± 1.96 <sup>a</sup>	12.82 ± 1.55 <sup>a</sup>	15.06 ± 2.60 <sup>a</sup>	14.43 ± 2.03 <sup>a</sup>
	Comp.	12.48 ± 2.51 <sup>a</sup>	11.42 ± 1.77 <sup>a</sup>	16.18 ± 3.20 <sup>b</sup>	12.43 ± 2.71 <sup>a</sup>	9.65 ± 1.73 <sup>c</sup>	16.55 ± 4.46 <sup>b</sup>
	CL Larg.	15.85 ± 2.78 <sup>a</sup>	16.97 ± 2.20 <sup>a</sup>	17.47 ± 2.27 <sup>a</sup>	15.49 ± 1.87 <sup>a</sup>	16.37 ± 2.09 <sup>a</sup>	16.66 ± 2.62 <sup>a</sup>
Microtricomas	Comp.	92.54 ± 18.17 <sup>a</sup>	67.41 ± 13.41 <sup>b</sup>	117.75 ± 20.50 <sup>c</sup>	71.59 ± 16.95 <sup>b</sup>	72.80 ± 15.81 <sup>b</sup>	105.39 ± 15.41 <sup>c</sup>
	Comp.	47.27 ± 6.67 <sup>a</sup>	49.95 ± 10.84 <sup>a</sup>	60.59 ± 6.87 <sup>b</sup>	47.13 ± 5.84 <sup>a</sup>	47.70 ± 8.21 <sup>a</sup>	74.62 ± 6.80 <sup>b</sup>
Macrotricomas (freq. 20x)	Larg.	8.03 ± 0.97 <sup>a</sup>	9.43 ± 1.33 <sup>b</sup>	11.16 ± 1.18 <sup>c</sup>	8.97 ± 1.23 <sup>b</sup>	9.46 ± 1.30 <sup>b</sup>	11.01 ± 1.32 <sup>c</sup>
	Larg.	16.43 ± 2.88 <sup>a</sup>	21.33 ± 6.21 <sup>a</sup>	7.67 ± 1.71 <sup>b</sup>	19.80 ± 3.76 <sup>a</sup>	30.43 ± 5.17 <sup>c</sup>	17.57 ± 2.96 <sup>a</sup>

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm)

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

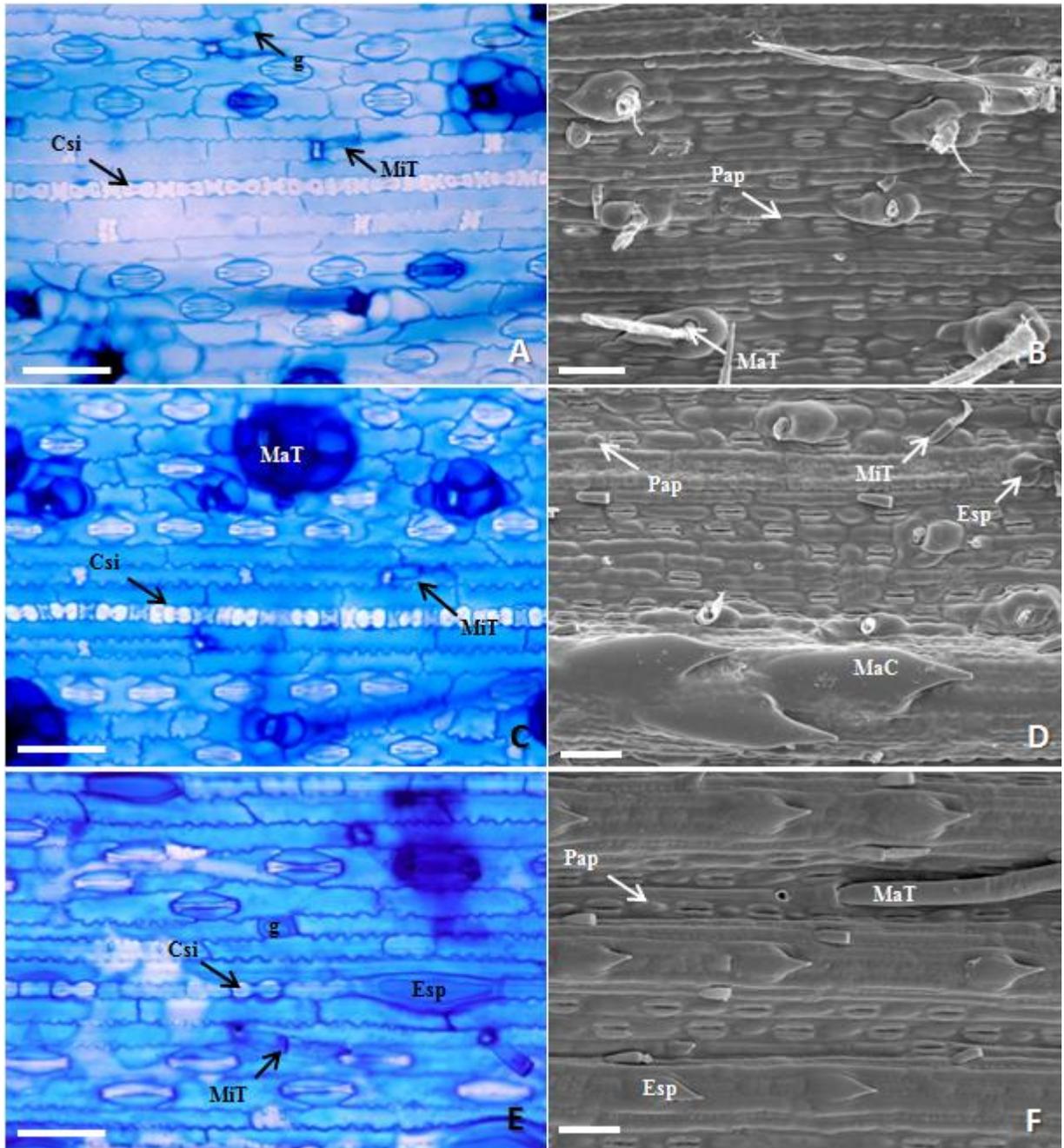


Figura 7. Secções paradérmicas da face ab axial de *S. villosum* Steud sob microscopia óptica (coluna da esquerda) e de varredura (coluna da direita). **A e B.** *S. villosum* MD. **A.** Estômatos triangulares ou em cúpula, microtricomas, ganchos e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **B.** macrotricomas em almofada e papilas nas células interestomáticas. **C e D.** *S. villosum* M. **C.** Estômatos triangulares ou em cúpula, microtricomas, macrotricomas em almofada e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **D.** Macrotricomas curtos de base larga e espinhos na zona costal, microtricomas na zona intercostal e papilas nas células interestomáticas. **E e F.** *S. villosum* C. **E.** Estômatos em cúpula, espinhos, ganchos, microtricomas e longa fileiras de células curtas (até 60 células). **F.** Espinhos na zona costal e macrotricomas na zona intercostal, nota-se papilas nas células interestomáticas. Mat. Macrotricomas, Mit. Microtricomas, Esp. Espinho, g. Gancho, Csi. Célula silicificada, Pap. Papila. Barra: 10  $\mu\text{m}$  (A, C, E, G, I e L); 20  $\mu\text{m}$  (K); 50  $\mu\text{m}$  (B, D, F, H, J e M).

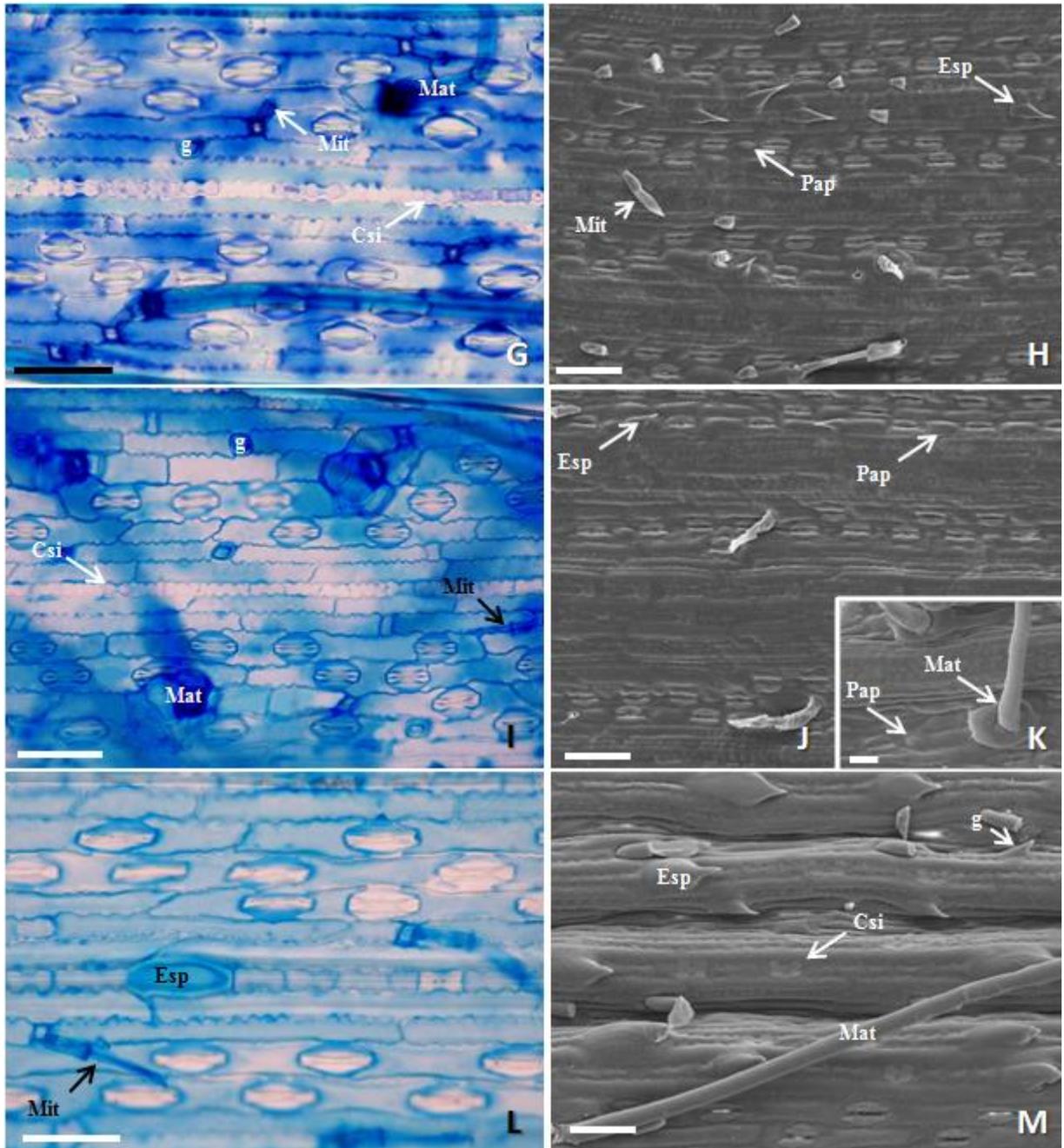


Figura 7 (cont.). Secções paradérmicas da face abaxial de *S. villosum* Steud sob microscopia óptica (coluna da esquerda) e de varredura (coluna da direita). **G e H.** *S. villosum* A. **G.** Estômatos triangulares ou em cúpula, macrotricomas, microtricomas, ganchos e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **H.** espinhos e microtricomas na zona costal e papilas nas células interestomáticas. **I - J.** *S. villosum* G. **I.** Estômatos em cúpula, macrotricomas em almofada, microtricomas, ganchos e longa fileira de células curtas (mais de 60 células). **J.** espinhos na zona intercostal e papilas nas células interestomáticas, nota-se as ondulações na superfície da epiderme. **K.** Detalhe do macrotricoma em almofada e das papilas. **L e M.** *S. villosum* PNE. **L.** Estômatos em cúpula, microtricomas e espinhos e longa fileira de células curtas (até 60 células). **H.** espinhos, ganchos e microtricomas na zona costal e macrotricomas na zona intercostal, nota-se células silicificadas nodulares e halteriformes na zona costal e ondulações na superfície da epiderme. Mat. Macrotricomas, Mit. Microtricomas, Esp. Espinho, g. Gancho, Csi. Célula silicificada, Pap. Papila. Barra: 10 µm (A, C, E, G, I e L); 20 µm (K); 50 µm (B, D, F, H, J e M).

Tabela 8. Variáveis quantitativas (\*\*/\*\*) analisadas para a face abaxial da epiderme das populações de *Saccharum villosum* Steud. estudadas. IE. Índice estomático. Csi. Célula silicificada. Csu. Célula suberosa. CL. Célula longa.

Caracteres analisados		MD	M	C	A	G	PNE	
Estômato	Comp.	31.11 ± 3.20 <sup>a</sup>	29.75 ± 2.96 <sup>a</sup>	36.77 ± 3.92 <sup>b</sup>	31.11 ± 3.20 <sup>a</sup>	26.97 ± 2.10 <sup>c</sup>	38.46 ± 3.19 <sup>b</sup>	
	Área	1726.63 ± 297.54 <sup>a</sup>	1637.96 ± 316.63 <sup>a</sup>	2241.35 ± 569.73 <sup>b</sup>	1726.63 ± 297.54 <sup>a</sup>	1512.90 ± 301.81 <sup>c</sup>	2328.58 ± 272.78 <sup>b</sup>	
	ÍE	30.73 ± 3.83 <sup>a</sup>	30.30 ± 3.65 <sup>a</sup>	31.03 ± 3.97 <sup>a</sup>	35.07 ± 4.08 <sup>b</sup>	30.09 ± 4.68 <sup>a</sup>	37.65 ± 4.91 <sup>b</sup>	
Célula interestomática		37.76 ± 9.81 <sup>a</sup>	27.87 ± 9.52 <sup>b</sup>	54.41 ± 12.13 <sup>c</sup>	36.64 ± 10.39 <sup>a</sup>	42.48 ± 12.54 <sup>a</sup>	52.19 ± 10.94 <sup>c</sup>	
Zona costal	Csi	Larg.	8.22 ± 1.85 <sup>a</sup>	8.65 ± 1.93 <sup>a</sup>	12.07 ± 1.78 <sup>b</sup>	9.30 ± 2.02 <sup>a</sup>	8.55 ± 1.53 <sup>a</sup>	10.94 ± 1.40 <sup>b</sup>
		Comp.	18.54 ± 3.70 <sup>a</sup>	19.07 ± 3.27 <sup>a</sup>	24.15 ± 3.59 <sup>b</sup>	16.32 ± 2.84 <sup>a</sup>	15.24 ± 2.50 <sup>c</sup>	23.48 ± 3.67 <sup>b</sup>
	Csu	Larg.	9.22 ± 1.19 <sup>a</sup>	8.86 ± 1.37 <sup>a</sup>	11.87 ± 1.49 <sup>b</sup>	9.94 ± 1.71 <sup>a</sup>	8.94 ± 1.19 <sup>a</sup>	11.71 ± 1.84 <sup>b</sup>
		Comp.	10.28 ± 2.00 <sup>a</sup>	8.74 ± 1.90 <sup>a</sup>	18.09 ± 4.35 <sup>b</sup>	10.28 ± 2.00 <sup>a</sup>	12.93 ± 3.32 <sup>c</sup>	25.20 ± 5.79 <sup>d</sup>
	CL	Larg.	10.75 ± 1.82 <sup>a</sup>	13.20 ± 1.45 <sup>b</sup>	13.36 ± 2.01 <sup>b</sup>	10.37 ± 1.66 <sup>a</sup>	10.43 ± 1.32 <sup>a</sup>	13.36 ± 1.60 <sup>b</sup>
Zona intercostal	Csu	Comp.	108.58 ± 24.95 <sup>a</sup>	95.45 ± 25.43 <sup>a</sup>	109.43 ± 21.14 <sup>a</sup>	94.34 ± 21.08 <sup>a</sup>	92.21 ± 17.27 <sup>a</sup>	139.32 ± 18.83 <sup>b</sup>
		Larg.	13.42 ± 2.14 <sup>a</sup>	12.38 ± 1.98 <sup>a</sup>	10.64 ± 1.55 <sup>b</sup>	10.56 ± 1.89 <sup>b</sup>	12.53 ± 1.75 <sup>a</sup>	13.08 ± 2.04 <sup>a</sup>
	CL	Comp.	11.83 ± 3.97 <sup>a</sup>	10.59 ± 2.91 <sup>a</sup>	16.30 ± 3.76 <sup>b</sup>	11.37 ± 3.82 <sup>a</sup>	10.60 ± 2.65 <sup>a</sup>	16.62 ± 2.97 <sup>b</sup>
		Larg.	14.99 ± 2.81 <sup>a</sup>	18.86 ± 2.91 <sup>b</sup>	14.79 ± 1.93 <sup>a</sup>	11.41 ± 1.63 <sup>c</sup>	14.54 ± 2.40 <sup>a</sup>	14.54 ± 1.93 <sup>a</sup>
	Comp.	66.03 ± 16.79 <sup>a</sup>	49.14 ± 13.26 <sup>b</sup>	87.90 ± 23.77 <sup>c</sup>	52.81 ± 14.88 <sup>b</sup>	51.96 ± 10.50 <sup>b</sup>	91.09 ± 21.67 <sup>c</sup>	
Microtricomas	Comp.	47.01 ± 4.02 <sup>a</sup>	45.41 ± 6.34 <sup>a</sup>	65.33 ± 6.17 <sup>b</sup>	42.58 ± 4.75 <sup>a</sup>	49.27 ± 8.88 <sup>a</sup>	76.19 ± 7.48 <sup>b</sup>	
	Larg.	7.65 ± 0.98 <sup>a</sup>	8.98 ± 1.29 <sup>b</sup>	10.86 ± 1.40 <sup>c</sup>	9.03 ± 0.88 <sup>b</sup>	9.06 ± 1.15 <sup>b</sup>	11.68 ± 1.15 <sup>c</sup>	
Macrotricomas (freq. 20x)		34.80 ± 4.61 <sup>a</sup>	36.03 ± 5.73 <sup>a</sup>	0.97 ± 1.07 <sup>b</sup>	18.33 ± 3.31 <sup>c</sup>	41.23 ± 3.95 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.62 <sup>b</sup>	

\* Os valores das médias de cada variável estão em micrômetros (µm)

\*\* Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

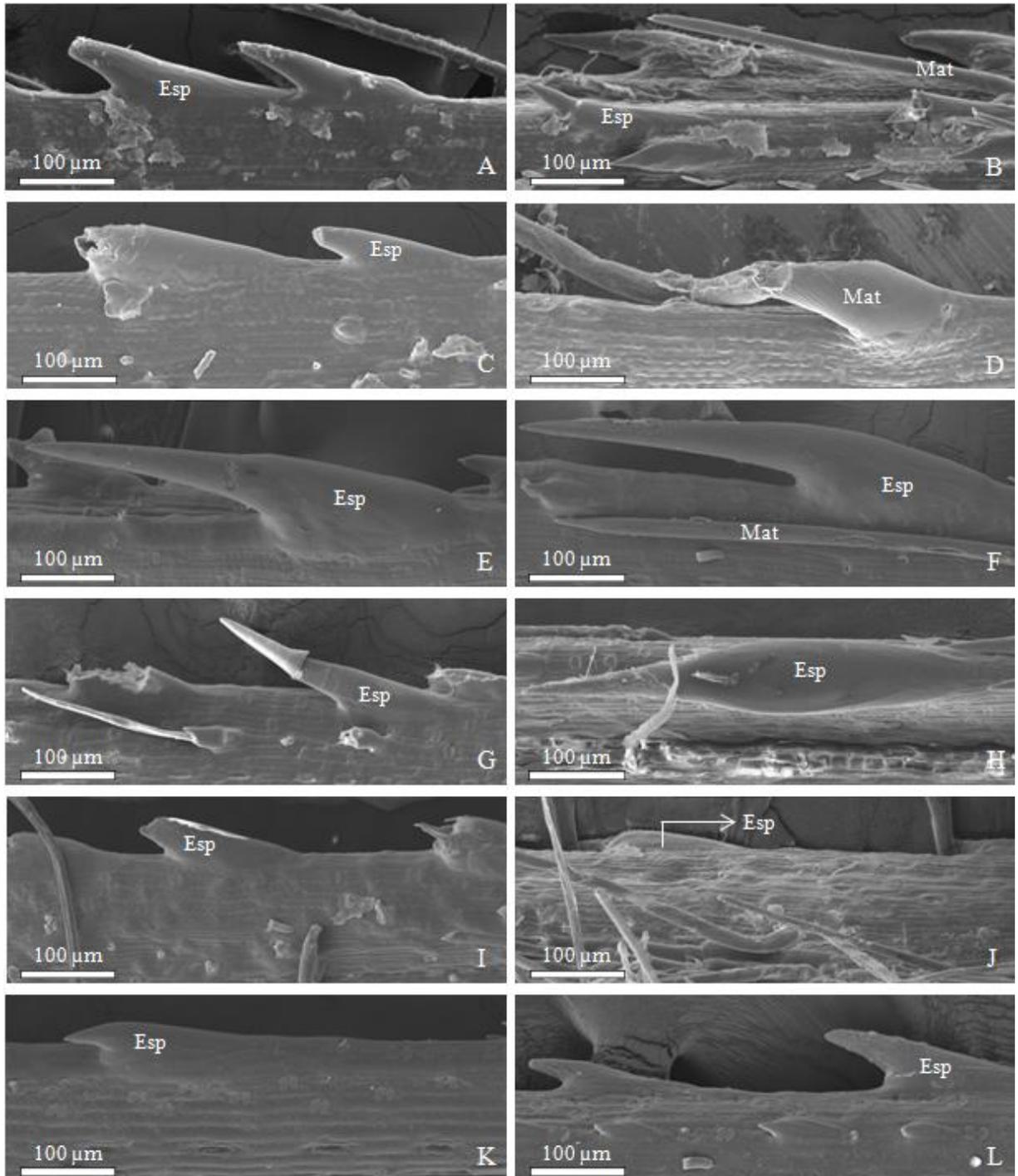


Figura 8. Vista frontal da região do bordo 01 (coluna da esquerda) e bordo 02 (coluna da direita) de *S. villosum* Steud sob microscopia de varredura. **A e B.** *S. villosum* MD; **C e D.** *S. villosum* M; **E e F.** *S. villosum* C; **G e H.** *S. villosum* A; **I e J.** *S. villosum* G; **K e L.** *S. villosum* PNE. Mat. Macrotricomas, Esp. Espinho.

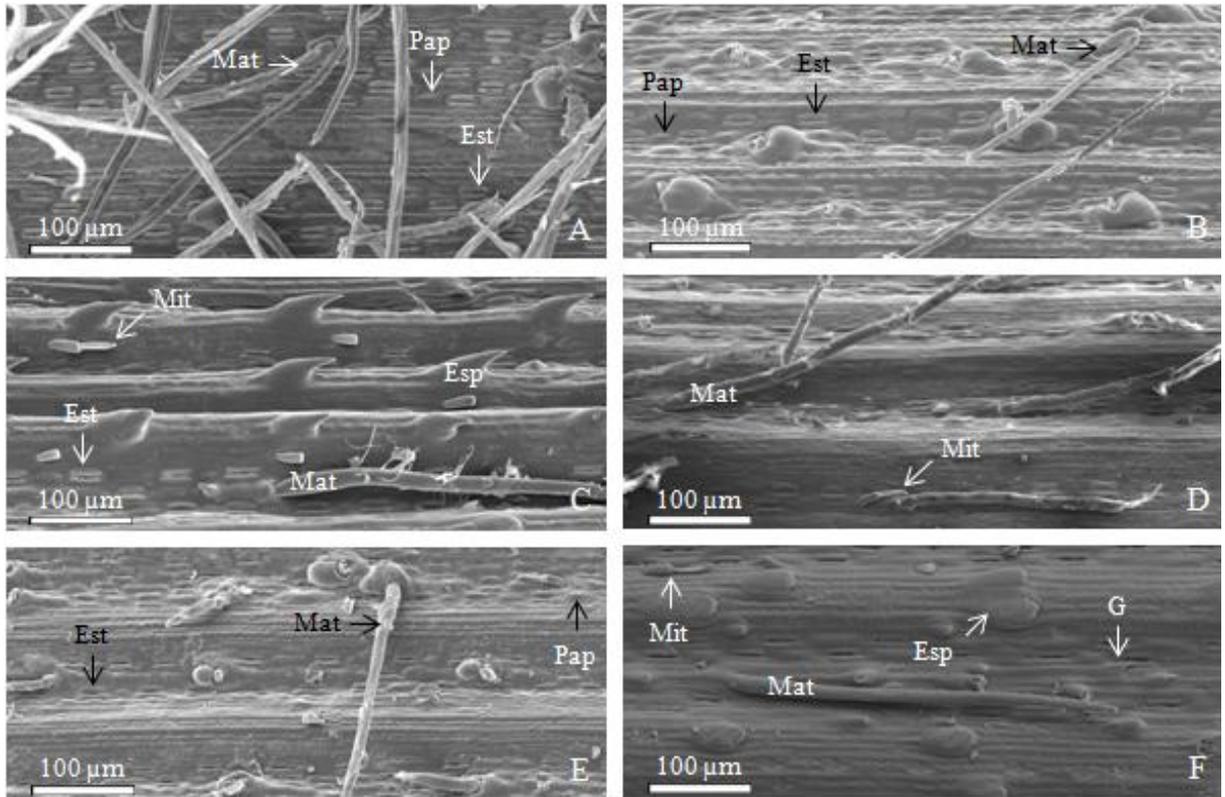


Figura 9. Secções paradérmicas da face abaxial da nervura central de *S. villosum* sob microscopia de varredura. **A.** *S. villosum* MD, observa-se a elevada frequência de macrotricomas e papilas nas células interestomáticas. **B.** *S. villosum* M, nota-se macrotricomas em almofada e papilas nas células interestomáticas. **C.** *S. villosum* C, observa-se espinhos e microtricomas na zona costal e macrotricomas na zona intercostal. **D.** *S. villosum* A, observa-se macrotricomas e microtricomas na zona intercostal. **E.** *S. villosum* MD, observa-se macrotricomas em almofada a zona intercostal e papilas nas células interestomáticas. **F.** *S. villosum* PNE, nota-se a presença de microtricomas, espinhos e ganchos na zona costal e macrotricomas na zona intercostal. Pap. Papilas, Est. Estômato, Mat. Macrotricomas, Mit. Microtricomas, Esp. Espinho, g. Gancho.

Tabela 9. Matriz de dados com os caracteres taxonômicos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de *Saccharum villosum* Steud. estudadas. CB. Célula buliforme. FVs. Feixes vasculares. Ep. Epiderme. AD. Adaxial. AB. Abaxial.

Caracteres analisados		MD	M	C	A	G	PNE		
Lâmina foliar - cortes transversais	Formato geral	Contorno da NC somente plano-convexo	1	1	0	1	0	0	
		Contorno da NC plano-convexo ou côncavo-convexo	0	0	1	0	1	1	
	Bordo 01		Fibras (extremidade) - até 7 camadas	0	0	1	0	0	0
			Fibras (extremidade) - acima de 7 camadas	1	1	0	1	1	1
			Fibras (sob o feixe vascular) - até 3 camadas	0	0	0	0	0	1
			Fibras (sob o feixe vascular) - acima de 3 camadas	0	1	1	1	0	0
			Bordo com extremidade aguda	0	0	0	0	0	1
			Bordo com estreitamento voltado para a face adaxial	1	1	1	1	1	0
	Bordo 02		Fibras (extremidade) - até 7 camadas	0	1	1	1	0	1
			Fibras (extremidade) - acima de 7 camadas	1	0	0	0	1	0
			Fibras (sob o último feixe vascular) - até 3 camadas	0	0	0	1	1	1
			Fibras (sob o último feixe vascular) - acima de 3 camadas	1	1	1	0	0	0
			Bordo com extremidade aguda	0	0	0	1	1	1
			Bordo com estreitamento voltado para a face adaxial	1	1	1	0	0	0
	Mesofilo		Mesofilo ocupado até 30% pelas CB	0	0	1	0	1	1
			Mesofilo ocupado acima de 30.01% pelas CB	1	1	0	1	0	0
			Células incolores da face adaxial e abaxial iguais	0	0	0	0	0	1
			Células incolores da face adaxial e abaxial diferentes	1	1	1	1	1	0
	Feixes vasculares		Feixes de 1ª ordem elíptico (além do formato circular e oval)	1	0	1	0	1	1
			Extensão adaxial com até 6 fileiras nos feixes de 1ª ordem	0	1	1	1	1	1
			Extensão adaxial acima de 6 fileiras nos feixes de 1ª ordem	1	0	0	0	0	0
			Extensão abaxial em forma de cordão nos feixes de 1ª ordem	1	0	1	1	1	1
			Extensão abaxial em forma de "T" nos feixes de 1ª ordem	0	1	1	0	0	0
			Extensão abaxial com até 6 fileiras nos feixes de 1ª ordem	0	1	1	1	1	1
			Extensão abaxial acima de 6 fileiras nos feixes de 1ª ordem	1	0	0	0	0	0
			Feixes de 2ª ordem com bainha parenquimática incompleta (além de completa)	0	0	1	1	1	0
		Extensão nos feixes de 3ª ordem sempre presentes	0	0	1	0	0	0	

Tabela 9 (cont.). Matriz de dados com os caracteres taxonômicos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de *S. villosum* estudadas.. CB. Célula buliforme. FVs. Feixes vasculares. Ep. Epiderme. AD. Adaxial. AB. Abaxial.

Caracteres analisados		MD	M	C	A	G	PNE	
Nervura central (Geral)	Até 3 camadas de esclerênquima abaixo da epiderme adaxial	1	1	0	0	0	0	
	Acima de 3 camadas de esclerênquima abaixo da epiderme adaxial	0	0	1	1	1	1	
	Até 7 camadas de células incolores na NC	0	0	1	0	0	0	
	Acima de 7 camadas de células incolores na NC	1	1	0	1	1	1	
Lâmina foliar - cortes transversais	Feixes de 2ª ordem de formato circular (além do formato elíptico)	0	0	0	0	1	1	
	Bainha parenquimática completa nos feixes de 2ª ordem	1	0	1	0	0	0	
	Bainha parenquimática incompleta nos feixes de 2ª ordem	0	1	1	1	1	1	
	Extensão adaxial com até 2 camadas nos feixes de 2ª ordem	1	1	1	1	0	1	
	Extensão adaxial acima de 2 camadas nos feixes de 2ª ordem	0	0	0	0	1	0	
	Extensão abaxial com até 6 camadas nos feixes de 2ª ordem	0	1	1	1	1	1	
	Extensão abaxial acima de 6 camadas nos feixes de 2ª ordem	1	0	0	0	0	0	
	Bainha parenquimática completa nos feixes de 3ª ordem	1	1	1	0	1	1	
	Bainha parenquimática incompleta nos feixes de 3ª ordem	0	1	1	1	1	1	
	Extensões esclerenquimáticas adaxiais presentes	0	0	0	1	1	1	
	Até 16 feixes na NC	0	0	1	1	1	0	
	Acima de 16 feixes na NC	1	1	0	0	0	1	
	Até 9 feixes vasculares de 3ª ordem na NC	0	0	1	1	0	1	
	Acima de 9 feixes vasculares de 3ª ordem na NC	1	1	0	0	1	0	
	Até 5 feixes, ao todo, entre 2 FVs de 1ª ordem consecutivos	0	1	1	1	1	1	
	Acima de 5 feixes, ao todo, entre 2 FVs de 1ª ordem consecutivos	1	0	0	0	0	0	
	Até 3 feixes de 3ª ordem entre 2 FVs de 1ª ordem consecutivos	0	1	1	1	1	1	
Acima de 3 feixes de 3ª ordem entre 2 FVs de 1ª ordem consecutivos	1	0	0	0	0	0		
Face adaxial da ala	Zona costal	Células longas com paredes anticliniais horizontais levemente sinuosas	1	0	0	0	1	0
		Células longas com paredes anticliniais horizontais sinuosas	0	1	1	1	0	1
		Células suberosas aos pares (além de isoladas e pares sílico-suberosos)	0	1	0	0	1	0
		Células suberosas de contorno liso (além do contorno sinuoso)	0	1	0	0	1	0
		Células silicificadas nodulares (além de halteriforme e cruciforme)	0	0	1	0	0	1

Tabela 9 (cont.). Matriz de dados com os caracteres taxonômicos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de *S. villosum* estudadas.. CB. Célula buliforme. FVs. Feixes vasculares. Ep. Epiderme. AD. Adaxial. AB. Abaxial.

<b>Caracteres analisados</b>		<b>MD</b>	<b>M</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>G</b>	<b>PNE</b>	
Face adaxial da ala	Zona costal	Longas fileiras de células curtas com até 60 células	1	0	1	1	0	1
	Zona costal	Longas fileiras de células curtas com mais de 60 células	0	1	0	0	1	0
	Zona intercostal	Até 4 fileiras de estômatos	1	0	1	1	1	1
		Acima de 4 fileiras de estômatos	0	1	0	0	0	0
		Índice estomático até 25%	1	0	1	1	1	0
		Índice estomático entre 25-35%	0	1	0	0	0	1
		Células subsidiárias de formato triangular (além do formato em domo)	1	1	1	0	0	1
		Células interestomáticas de comprimento médio	1	1	0	1	1	0
		Células interestomáticas de comprimento longo	0	0	1	0	0	1
		Células interestomáticas com paredes anticlinais levemente sinuosas	1	0	0	1	1	1
		Células interestomáticas com paredes anticlinais sinuosas	0	1	1	0	0	0
		Células longas com paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas	1	0	1	0	0	1
		Células longas com paredes anticlinais horizontais sinuosas	0	1	0	1	1	0
		Células suberosas de formato retangular	1	1	0	0	1	1
		Células suberosas de formato quadrado	1	1	1	1	0	1
		Célula suberosa de contorno sinuoso	1	1	1	1	1	0
		Célula suberosa de contorno liso	0	1	1	1	1	1
		Largura das células suberosas intercostais maiores que as da zona costal	1	1	0	1	1	0
		Largura das células suberosas intercostais iguais que as da zona costal	0	0	1	0	0	1
		Comprimento das células suberosas intercostais maiores que as da zona costal	1	1	0	1	0	0
	Comprimento das células suberosas intercostais iguais que as da zona costal	0	0	1	0	0	0	
	Comprimento das células suberosas intercostais menores que as da zona costal	0	0	0	0	1	1	
	Tricomas	Macrotricomas longos sem célula especializada na base	0	0	1	0	0	1
		Macrotricomas abundantes	1	1	0	1	1	1
		Macrotricomas frequentes	0	0	1	0	0	0
		Microtricomas entre as células buliformes	0	0	0	0	1	1
Ganchos presentes na zona costal		1	0	0	0	0	0	
Ganchos presentes na zona intercostal		0	0	1	1	1	1	

Tabela 9 (cont.). Matriz de dados com os caracteres taxonômicos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de *S. villosum* estudadas.. CB. Célula buliforme. FVs. Feixes vasculares. Ep. Epiderme. AD. Adaxial. AB. Abaxial.

Caracteres analisados		MD	M	C	A	G	PNE	
Tricomas (face adaxial da ala)	Ganchos entre as células buliformes	0	0	1	1	1	1	
	Papilas presentes nas células interestomáticas	1	1	1	1	0	0	
Face abaxial da ala	Zona costal (ZC)	Até 3 fileiras	0	0	0	0	1	0
		Acima de 3 fileiras	1	1	1	1	0	1
		Células suberosas aos pares (além de isoladas e pares sílico-suberosos)	0	1	0	0	1	0
		Células suberosas de contorno liso (além do contorno sinuoso)	0	0	0	0	1	0
		Células silicificadas isoladas (além de em pares sílico-suberoso ou longas fileiras)	0	1	0	0	0	0
		Células silicificadas de formato nodular (além de halteriforme e cruciforme)	1	1	1	1	0	1
		Longas fileiras de células curtas com até 60 células	1	0	1	1	0	1
		Longas fileiras de células curtas com mais de 60 células	0	1	0	0	1	0
	Zona intercostal (ZIc)	Até 5 fileiras	1	1	1	0	0	1
		Acima de 5 fileiras	0	0	0	1	1	0
		Índice estomático entre 25-35%	1	1	1	1	1	0
		Índice estomático acima de 35%	0	0	0	0	0	1
		Células subsidiárias de formato triangular (além do formato em domo)	1	1	1	1	1	0
		Células interestomáticas de comprimento curto	1	1	0	1	1	0
		Células interestomáticas de comprimento médio	0	0	1	0	0	1
		Células suberosas de formato retangular	1	1	0	0	1	1
		Células suberosas de formato quadrado	1	1	1	1	0	1
		Célula suberosa de contorno sinuoso	1	1	0	1	0	0
		Célula suberosa de contorno liso	0	1	1	1	1	1
		ZC e ZIc	Células longas com paredes anticlinais horizontais levemente sinuosas	1	0	0	0	1
Células longas com paredes anticlinais horizontais sinuosas	0		1	1	1	0	1	
Largura das células suberosas intercostais maiores que as da zona costal		1	1	0	0	1	1	
Largura das células suberosas intercostais iguais que as da zona costal		0	0	0	1	0	0	
Largura das células suberosas intercostais menores que as da zona costal		0	0	1	0	0	0	

Tabela 9 (cont.). Matriz de dados com os caracteres taxonômicos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de *S. villosum* estudadas.. CB. Célula buliforme. FVs. Feixes vasculares. Ep. Epiderme. AD. Adaxial. AB. Abaxial.

Caracteres analisados		MD	M	C	A	G	PNE	
Face abaxial da ala	Comprimento das células suberosas intercostais maiores que as da zona costal	0	1	0	0	0	0	
	Comprimento das células suberosas intercostais iguais que as da zona costal	1	0	1	1	0	0	
	Comprimento das células suberosas intercostais menores que as da zona costal	0	0	0	0	1	1	
	Tricomas	Macrotricomas curtos de base larga	0	1	0	0	0	0
		Macrotricomas longos sem célula especializada na base	0	0	1	0	0	1
		Macrotricomas abundantes	1	1	0	1	1	0
		Macrotricomas escassos	0	0	1	0	0	1
		Microtricomas na zona costal (além da zona intercostal)	1	1	1	1	0	0
		Ganchos presentes na zona intercostal	1	1	1	0	1	1
		Espinhas presentes na zona costal	1	1	1	1	0	1
Espinhas presentes na zona intercostal		1	1	0	0	0	0	
Papilas presentes nas células interestomáticas		1	1	1	1	1	0	
Papilas presentes em células longas		1	1	0	0	0	0	
Bordos	Bordo 01	Espinhas curtas	1	1	0	0	1	1
		Espinhas médios	1	1	0	1	0	0
		Espinhas longos	0	0	1	0	0	0
		Espinhas muito próximos entre si	1	1	0	0	0	0
		Espinhas próximos entre si	0	0	1	1	1	0
		Espinhas distantes entre si	0	0	0	0	0	1
		Mais de uma fileira de espinhas	0	0	1	1	0	0
		Apenas 1 fileira de espinhas	1	1	0	0	1	1
	Bordo 02	Presença de macrotricomas	0	0	0	1	0	0
		Espinhas curtas	1	0	0	0	1	1
		Espinhas longos	0	0	1	1	0	0
		Espinhas próximos entre si	1	0	0	0	0	0
		Espinhas distantes entre si	0	0	1	1	1	1

Tabela 9 (cont.). Matriz de dados com os caracteres taxonômicos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de *S. villosum* estudadas.. CB. Célula buliforme, FVs. Feixes vasculares, Ep. Epiderme, AD. Adaxial, AB. Abaxial.

<b>Caracteres analisados</b>			<b>MD</b>	<b>M</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>G</b>	<b>PNE</b>
Bordos	Bordo 02	Mais de uma fileira de espinhos	1	0	0	0	0	0
		Apenas 1 fileira de espinhos	0	0	1	1	1	1
		Presença de macrotricomas	1	1	1	0	1	0
Face AD da NC	Margem	Células silicificadas de formato halteriforme	1	0	1	1	1	1
		Presença de macrotricomas	0	0	0	0	1	0
		Presença de ganchos	1	0	1	0	0	1
	Central	Presença de estômatos	0	1	0	0	0	0
		Células silicificadas de formato halteriforme	1	1	0	1	0	0
Face AB da NC		Papilas presentes nas células interestomáticas	1	1	1	0	1	0

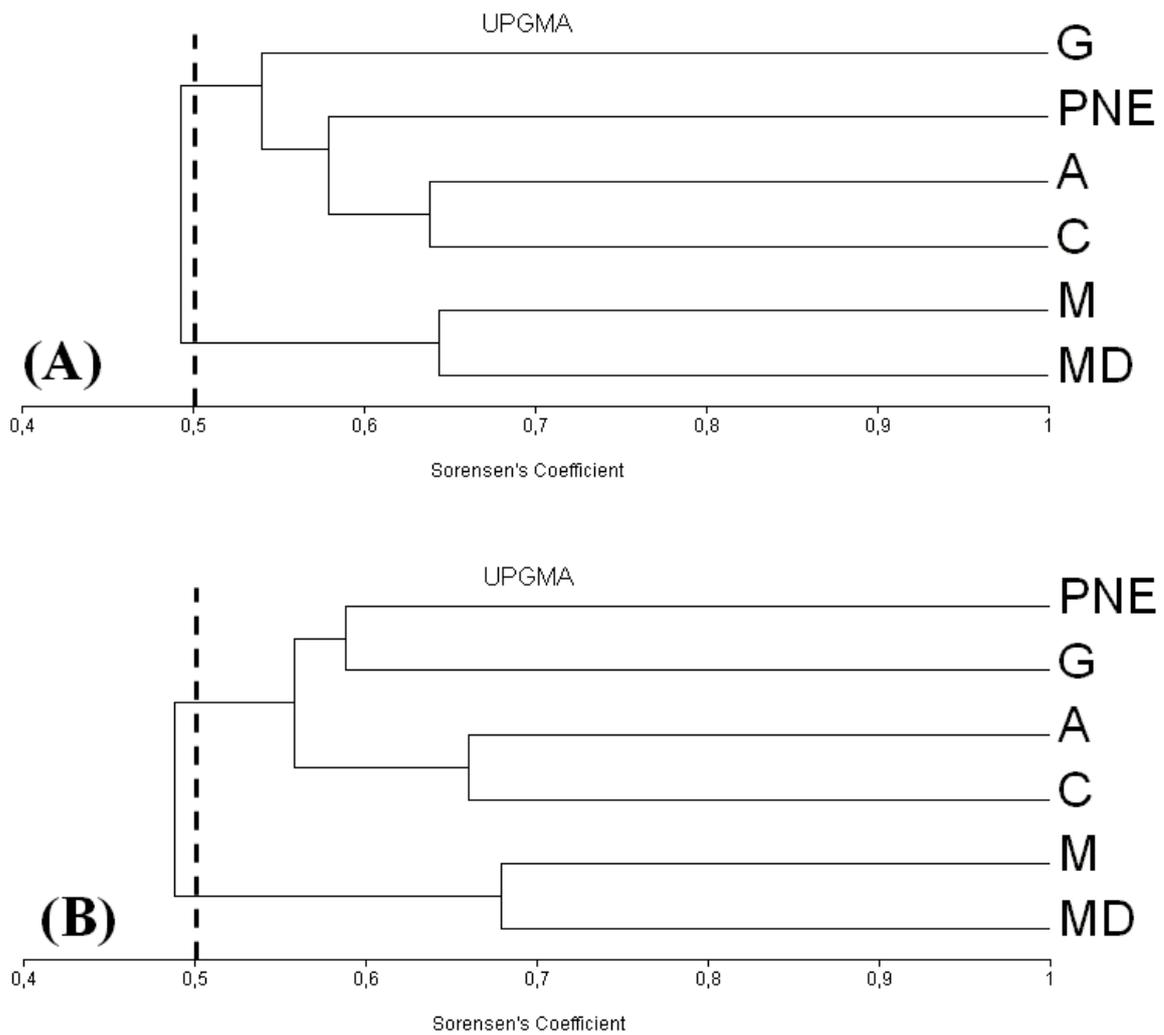


Figura 10. Análise de conglomerados para as populações de *S. villosum* baseada em caracteres taxonômicos (Tab. 9) mostra dois grupos característicos, o primeiro G, PNE, A e C e o segundo M e MD. A. Utilizando as características da face adaxial da epiderme. B. sem utilizar as características da face adaxial da epiderme, observa-se uma melhor delimitação dos grupos, no primeiro grupo há ainda a formação de dois subgrupos PNE e G / A e C. Nota-se que ambos os casos a distribuição das populações não são agrupadas por aspectos geográficos. A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade entre as informações consideradas discriminantes.

Tabela 10. Matriz de dados com os caracteres xeromórficos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de *Saccharum villosum* Steud. estudadas. CB. Célula buliforme. FVs. Feixes vasculares. Ep. Epiderme. AD. Adaxial. AB. Abaxial. ZC. Zona costal. C1c. Zona intercostal

analisados		MD	M	C	A	G	PNE
Lâmina foliar - cortes transversais	Lâminas foliares estreitas	1	1	0	1	0	0
	Menores volumes de células epidérmicas (AD e AB)	0	0	0	1	0	0
	Maior deposição de cutícula (AD)	0	0	0	0	0	1
	Maior deposição de cutícula (AB)	0	1	0	0	0	1
	Mesofilo compacto	1	1	0	1	1	0
	Maior espessura de fibras em FV <sub>1</sub>	0	0	1	0	0	0
	Maior espessura de fibras em FV <sub>2</sub>	0	0	1	0	0	1
	Maior espessura de fibras em FV <sub>3</sub>	0	0	1	0	0	1
	Menores diâmetros de elementos de vaso do metaxilema nos FV1	0	1	0	0	0	0
	Fibras (extremidade) - acima de 7 camadas (Bordo 01)	1	1	0	1	1	1
	Fibras (extremidade) - acima de 7 camadas (Borda 02)	1	0	0	0	1	0
Lâmina foliar - cortes paradérmicos	Células longas com paredes anticliniais horizontais levemente sinuosas (AD - ZC)	1	0	0	0	1	0
	Células longas com paredes anticliniais horizontais levemente sinuosas (AD - Z1c)	1	0	1	0	0	1
	Menores comprimentos de células longas (AD - ZC)	0	1	0	0	1	0
	Menores comprimentos de células longas (AB - ZC)	1	1	1	1	1	0
	Menores comprimentos de células longas (AD - Z1c)	0	1	0	1	1	0
	Menores comprimentos de células longas (AB - Z1c)	0	1	0	1	1	0
	Menores larguras de células longas (AD - ZC)	1	0	0	1	1	0
	Menores larguras de células longas (AB - ZC)	1	0	0	1	1	0
	Menores larguras de células longas (AD - Z1c)	1	0	0	1	1	0
	Menores larguras de células longas (AB - Z1c)	0	0	0	1	0	0
	Maiores comprimentos das células silicificadas (AD)	0	0	1	0	0	0
	Maiores larguras das células silicificadas (AD)	0	0	0	0	0	1
	Maiores comprimentos das células silicificadas (AB)	0	0	1	0	0	1
	Maiores larguras das células silicificadas (AB)	0	0	1	0	0	1
Maior comprimento das células suberosas (AD / AB - ZC)	0	0	0	0	0	1	

Tabela 10 (cont.). Matriz de dados com os caracteres xeromórficos distintivos (1- presença / 0- ausência) para as seis populações de *S. villosum* estudadas.. CB. Célula buliforme. FVs. Feixes vasculares. Ep. Epiderme. AD. Adaxial. AB. Abaxial. ZC. Zona costal. C/c. Zona intercostal

<b>Caracteres analisados</b>		<b>MD</b>	<b>M</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>G</b>	<b>PNE</b>
Lâmina foliar - cortes paradérmicos	Maior largura células suberosas (AD - ZC)	0	0	1	0	0	1
	Maior largura células suberosas (AB - ZC)	0	0	1	0	0	1
	Maior comprimento das células suberosas (AD - Zic)	0	0	1	0	0	1
	Maior comprimento das células suberosas (AB - Zic)	0	0	1	0	0	1
	Maior largura das células suberosas (AB - Zic)	1	1	0	0	1	1
	Estômatos pequenos / Menor área estomática (AD)	0	0	0	1	0	0
	Estômatos pequenos / Menor área estomática (AB)	0	0	0	0	1	0
	Folhas anfihipostomáticas	1	0	1	1	1	1
	Menores comprimentos das células interestomáticas (AD)	1	1	0	1	1	0
	Menores comprimentos das células interestomáticas (AB)	0	1	0	0	0	0
	Macrotricomas abundantes (AD)	1	1	0	1	1	1
	Macrotricomas abundantes (AB)	1	1	0	1	1	0
	Presença de papilas (AD)	1	1	0	1	0	0
Presença de papilas (AB)	1	1	1	1	1	0	

Tabela 11. Características quantitativas presentes nas tabelas 3, 7 e 8 utilizadas na análise de redundância canônica (RDA) com suas respectivas siglas e escores para os eixos principais da RDA. Valores percentuais da variância dos dois primeiros eixos e o valor acumulado pelos mesmos. Valores com um asterisco significa que são relacionados com o eixo (explicação maior que 20% da variação) e como 2 asteriscos que são fortemente relacionados com o eixo (explicação maior que 25% da variação). FV<sub>1</sub>. Feixe de 1ª ordem; FV<sub>2</sub>. Feixe vascular de 2ª ordem; FV<sub>3</sub>. Feixe vascular de 3ª ordem; AD. Face adaxial da epiderme, AB; face abaxial da epiderme; EV. Elemento de vaso; ZC. Zona costal; ZIc. Zona intercostal.

<b>Tipo de secção</b>	<b>Sigla</b>	<b>Característica</b>	<b>Eixo 01</b>	<b>Eixo 02</b>
<b>TRANSVERSAIS</b>	T1	Lâmina foliar	0.2553**	-0.0202
	T2	Epiderme adaxial	0.1893	0.2376*
	T3	Epiderme abaxial	0.2846**	0.1121
	T4	Cutícula adaxial	0.1057	0.0899
	T5	Cutícula abaxial	0.1311	0.2780**
	T6	Mesofilo	0.2027*	-0.0947
	T7	Comprimento dos FV <sub>1</sub>	0.2002*	-0.1454
	T8	Diâmetro do EV do metaxilema dos FV <sub>1</sub>	0.0500	-0.2813**
	T9	Esclerênquima total dos FV <sub>1</sub>	0.2249*	0.2019*
	T10	Comprimento dos FV <sub>2</sub>	0.1887	0.1743
	T11	Esclerênquima total dos FV <sub>2</sub>	0.2268*	0.1217
	T12	Comprimento dos FV <sub>3</sub>	0.1277	0.1095
<b>PARADÉRMICO (AD)</b>	AD1	Área do complexo estomático	0.1961	0.1038
	AD2	Índice estomático	0.0421	0.3340**
	AD3	Área das células buliformes	0.2022*	0.0387
	AD4	Largura das células silicificadas	0.2221*	0.2246*
	AD5	Comprimento das células silicificadas	0.2105*	-0.0916
	AD6	Comprimento das células longas (ZC)	0.1454	-0.1738
	AD7	Comprimento das células longas (ZIc)	0.2218*	-0.1973
	AD8	Freq. dos Macrotricomas (objetiva de 20X)	-0.1859	0.1993
<b>PARADÉRMICO (AB)</b>	AB1	Área do complexo estomático	0.2099*	-0.0502
	AB2	Índice estomático	-0.0421	0.5272**
	AB3	Largura das células silicificadas	0.1991	-0.0858
	AB4	Comprimento das células silicificadas	0.2315*	-0.0183
	AB5	Comprimento das células longas (ZIc)	0.2322*	-0.1361
	AB6	Freq. dos Macrotricomas (objetiva de 20X)	-0.2818**	0.1998
% da variação explicativa			32.162	10.677
% da variação acumulada				42.839

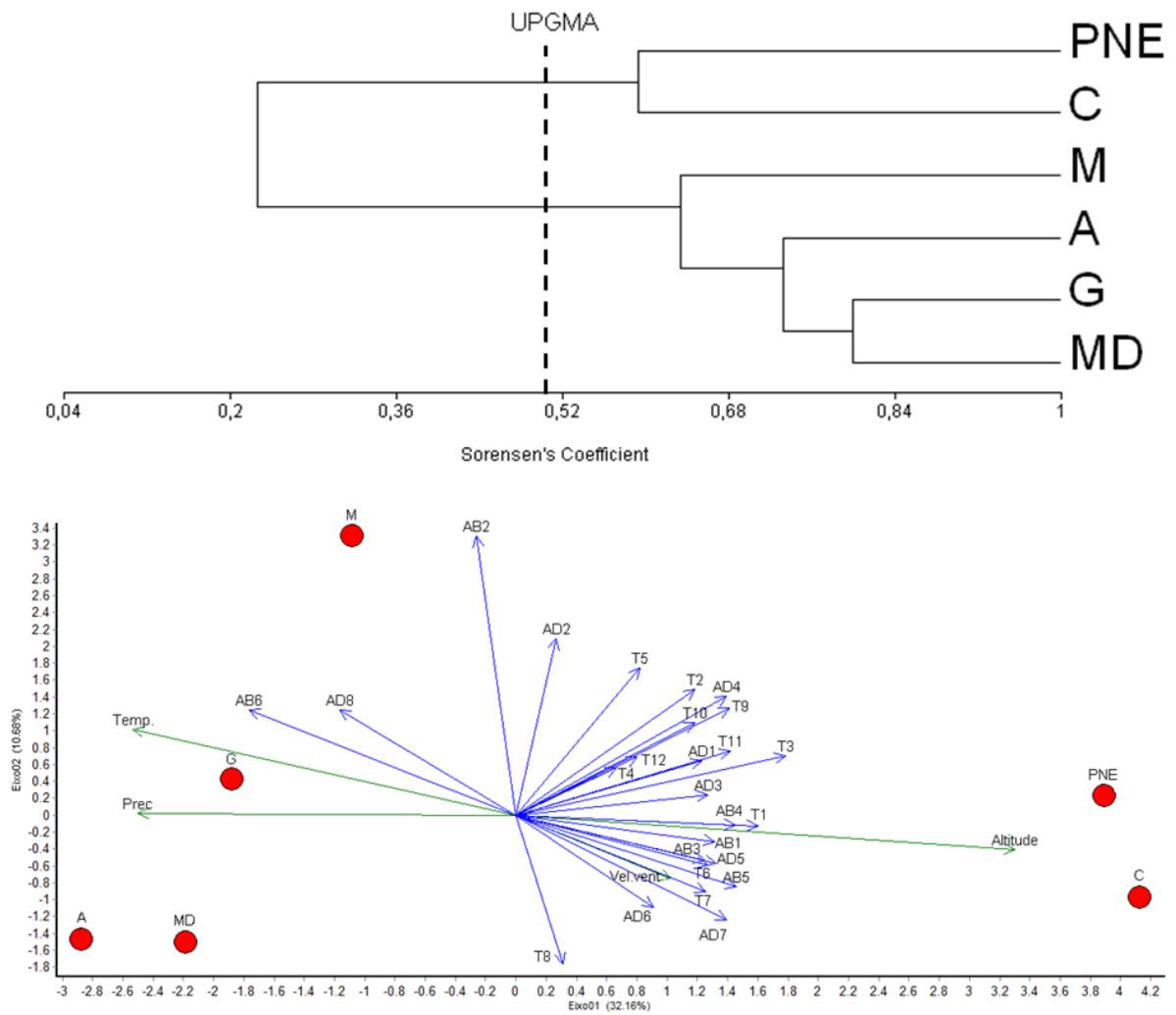


Figura 11. Análise de conglomerados para as populações de *S. villosum* baseada em caracteres considerados xeromórficos (Tab. 10) (gráfico superior) mostra dois grupos funcionais característicos, o primeiro composto por PNE e C e o segundo pelas demais espécies. A linha pontilhada equivale a 50% de similaridade entre as informações consideradas discriminantes. Análise de redundância canônica (RDA) do tipo triplot (gráfico inferior) com as variáveis quantitativas escolhidas (Tab. 11), variáveis ambientais e as populações, observa-se que os dois grupos funcionais apresentado pela análise de conglomerados também encontram-se bem distintos.

Tabela 12. Extratos da análise de redundância canônica (RDA). A. Correlação entre as variáveis ambientais, utilizando: temperatura, umidade relativa do ar, precipitação atmosférica, altitude e velocidade do vento. B. Correlação entre as variáveis ambientais, utilizando: temperatura, precipitação atmosféricas, altitude e velocidade do vento. C. Correlação entre as variáveis ambientais e os eixos da RDA D. Escores das populações em relação aos eixos da RDA. Temp. temperatura atmosférica; Umid. Umidade relativa do ar; Prec. Precipitação pluviométrica; Vel. vento. Velocidade do vento.

(A)

linhas	Temp.	Umid.	Prec.	Altitude	Vel.vento
Temp.	1.000	0.073	0.260	-0.809	-0.253
Umid.	0.073	1.000	0.085	-0.053	0.041
Prec.	0.260	0.085	1.000	-0.713	-0.462
Altitude	-0.809*	-0.053	-0.713*	1.000	0.514*
Vel.vento	-0.253	0.041	-0.462	0.514	1.000

(B)

linhas	Temp.	Prec.	Altitude	Vel.vento
Temp.	1.000	0.260	-0.809	-0.253
Prec.	0.260	1.000	-0.713	-0.462
Altitude	-0.809*	-0.713*	1.000	0.514*
Vel.vento	-0.253	-0.462	0.514	1.000

(C)

colunas	Eixo01	Eixo02	Eixo03	Eixo04
Temp.	-0.4036*	0.1612*	0.0638	-0.0344
Prec.	-0.3987*	0.0031	-0.1119	0.0492
Altitude	0.5256*	-0.0640	-0.0165	-0.0203
Vel.vento	0.1634	-0.1211*	-0.0266	-0.1135

(D)

linhas	Eixo01	Eixo02	Eixo03	Eixo04
MD	-2.183*	-1.503	-0.053	1.605
M	-1.083	3.307*	-0.936	0.134
C	4.127*	-0.978	-0.116	-0.494
A	-2.873*	-1.478	-1.284	-1.099
G	-1.878*	0.424	2.363	-0.537
PNE	3.891*	0.228	0.025	0.392