



# Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de bambu (Poaceae, Bambusoideae)

*Zanderluce Gomes Luis<sup>(1)</sup>, Jênifer Silva Nogueira<sup>(2)</sup>, Dalva Graciano Ribeiro<sup>(3)</sup> e Jonny Everson Scherwinski-Pereira<sup>(4)</sup>*

<sup>(1)</sup> Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). Cidade Universitária, Campus III, Avenida dos Ipês s/n, Cidade Jardim, Marabá, PA, 68500-000, Brasil. E-mail: zanbio@hotmail.com

<sup>(2)</sup> Departamento de Botânica, Universidade de Brasília (UnB), PPGBOT, Campus Universitário Darcy Ribeiro. Brasília, DF, 70910-900, Brasil. E-mail: jeniferbio@gmail.com

<sup>(3)</sup> Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, campus Samambaia. Itatiaia, Goiânia, GO, 70910-900, Brasil. E-mail: dalvagraciano@gmail.com

<sup>(4)</sup> Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Av. W5 Norte (final), Brasília, DF, 70770-917, Brasil. E-mail: jonny.pereira@embrapa.br

**Resumo** – Os bambus constituem uma subfamília de Poaceae e podem ser reconhecidos por meio de suas características ecológicas, morfológicas, macromoleculares, fisiológicas, citológicas e anatômicas. Neste estudo, objetivou-se descrever, de forma geral, as características anatômicas que constituem as lâminas foliares, colmos, rizomas e raízes dos bambus. As lâminas foliares das ramificações apresentam caracteres peculiares que permitem diferenciá-las das outras subfamílias de Poaceae, como mesofilo não radiado, parênquima invaginante e célula fusóide, quase sempre presente. O colmo é constituído por epiderme, células parenquimáticas, fibras e feixes vasculares. A morfologia dos feixes vasculares, quanto à sua caracterização anatômica, permite a distinção entre gêneros e espécies, enquanto a densidade de fibras determina as propriedades de resistência e polpação para a utilização industrial do colmo. O rizoma possui organização anatômica semelhante à do colmo, com diferenças verificadas na menor espessura da região cortical e medular, na distribuição dos feixes vasculares e menor quantidade de fibras. A estrutura anatômica das raízes é típica das monocotiledôneas e pode apresentar córtex com cavidades aeríferas. As características anatômicas reunidas neste estudo podem ser utilizadas em uma ampla diversidade de aplicações, sejam econômicas ou taxonômicas.

---

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** GRAMÍNEAS, ANATOMIA VEGETAL, FOLHA, COLMO, RAIZ, RIZOMA.



## Anatomical characterization of the vegetative organs of bamboo (Poaceae, Bambusoideae)

**Abstract** – Bamboos are plants that belong to the Poaceae subfamily and that can be recognized by their ecological, morphological, macromolecular, physiological, cytological and anatomical features. This work aimed to describe, in general terms, the anatomical features that commonly constitute the leaf blades, culms, rhizomes and roots of bamboos. The leaf blades have unique characteristics that allow the differentiation from other Poaceae subfamily, such as non-irradiated mesophyll, invaginating parenchyma and the very often present fusoid cells. The culm is formed by epidermis, parenchyma cells, fibers and vascular bundles. The anatomical morphology of the vascular bundles allows the distinction between genus and species, while the fiber density determines the properties of resistance and pulping for the industrial utilization of the culm. The rhizome presents an anatomical organization similar to the culm, showing differences in the smaller thickness of the cortical and medullary region, on the vascular bundles distribution and on the lower amount of fibers. The anatomical structure of the root is typical of a monocotyledon and can show air cavities on the cortex. The anatomical features gathered in this study can be applied in many ways, for economical or taxonomical purposes.

---

**INDEX TERMS:** GRASS, VEGETAL ANATOMY, LEAF, CULM, ROOT, RHIZOME.

### Introdução

---

A família Poaceae compreende 12 subfamílias, dentre estas a subfamília Bambusoideae (Poaceae), constituída por bambus herbáceos (Olyreae) e lignificados (Bambuseae) (Ramanayake et al., 2007). As plantas apresentam parte aérea formada pelo colmo, ramificações e folhas e outra subterrânea, composta pelo rizoma e raízes. Os bambus possuem características como crescimento e ciclo de colheita rápida, facilidade de reprodução vegetativa, flexibilidade e durabilidade do colmo (Beraldo et al., 2003).

O conjunto dessas características permite a utilização dos bambus para os mais diversos fins. São amplamente utilizados na culinária como material de artesanato, na fabricação de móveis e na medicina alternativa. Podem ser aproveitados como recurso natural para a conservação e recuperação de áreas degradadas, sequestro de carbono e na prevenção da erosão. Atualmente, o uso do bambu na construção civil e por indústrias de papel e celulose tem aumentado consideravelmente (Ghavami & Marinho, 2005; Greco, 2015).

As características químicas, físicas e mecânicas do bambu são definidas pela sua constituição estrutural e as propriedades do colmo são determinadas, principalmente, pela estrutura anatômica. Dessa forma, o estudo anatômico pode se constituir como uma importante ferramenta para auxiliar na definição do potencial de uso e melhor forma de utilização das diferentes espécies, além de ser uma área determinante para estudos de taxonomia em bambus. Todavia, apesar das importantes contribuições deixadas por Brandis (1907), Metcalfe (1956), Das et al. (1958), McClure (1966), Calderón e Soderstrom (1973, 1980), Rao (1985), Liese (1998), Judziewicz et al. (1999) e Londoño et al. (2002), ainda são escassos e fragmentados os trabalhos descrevendo a anatomia dos órgãos vegetativos de bambu. A bibliografia existente tende a concentrar-se nos colmos, em virtude da maior importância econômica desse órgão.

Nesse contexto, o presente trabalho objetiva descrever, de forma geral, as características anatômicas que constituem as lâminas foliares, colmos, rizomas e raízes de bambus de forma a fomentar pesquisas na área e facilitar o entendimento sobre os padrões estruturais característicos da subfamília.

## Resultados e discussão

---

### CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DOS ÓRGÃOS DE BAMBU

**Folhas** - Os bambus podem apresentar folhas com diferentes morfologias e funções, entre as quais podem ser citadas as folhas caulinares, catafilos do rizoma, além das folhas fotossintetizantes ou das ramificações. As folhas caulinares, também referenciadas como folhas do colmo ou bainhas do colmo, são aquelas encontradas nos nós dos colmos e que envolvem os entrenós e as gemas em crescimento, formando uma estrutura semelhante a uma capa com função de proteção. Uma vez finalizado o crescimento, a folha caulinar perde sua função e seca, podendo ficar ou não aderida à planta, a depender da espécie (Judziewicz et al., 1999; Liese, 1998).

Os catafilos do rizoma são folhas reduzidas que exercem função de proteção das gemas laterais presentes nos nós do rizoma (Judziewicz et al., 1999; Liese, 1998). Já as folhas das ramificações fazem parte da estrutura aérea da planta, sendo as principais responsáveis pelos processos de fotossíntese, respiração e transpiração do vegetal. Embora as folhas do colmo e brácteas do rizoma apresentem importantes funções estruturais, este artigo aborda somente a anatomia da lâmina foliar das folhas das ramificações.

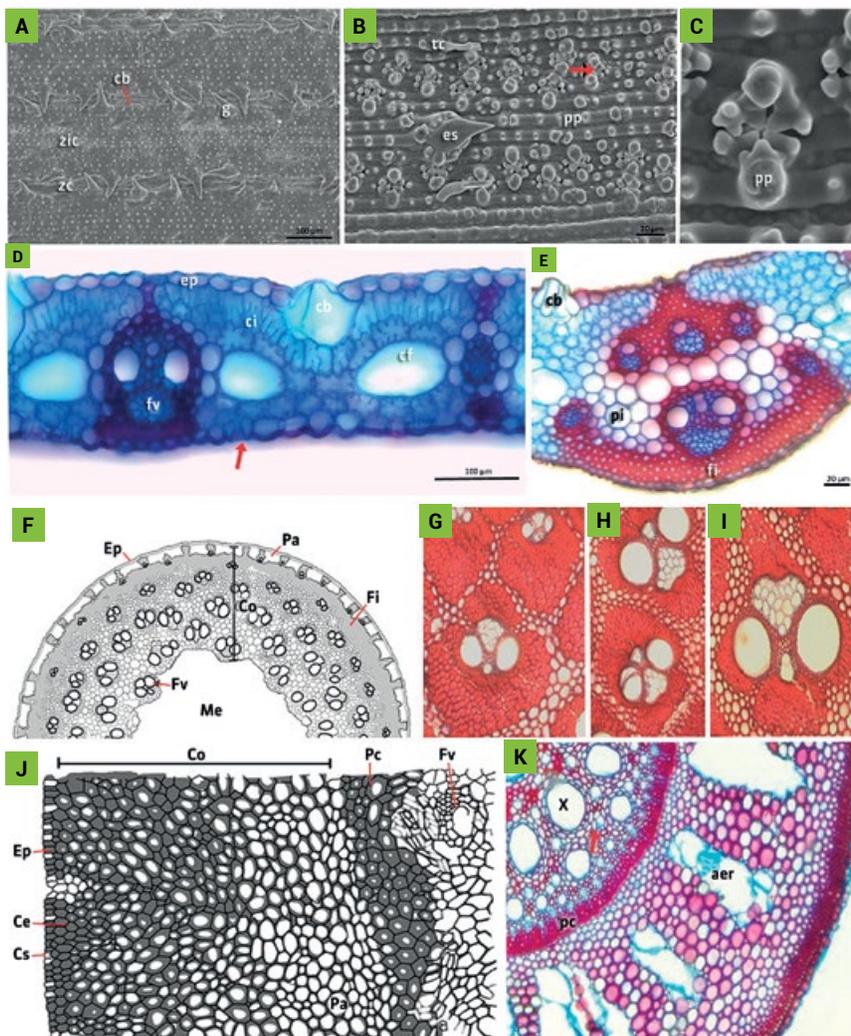
A folha das ramificações nos bambus possui morfologia achatada e axialmente alongada. O formato achatado das folhas permite distinguir duas faces: uma superior (adaxial) e outra inferior (abaxial), sendo cada face da lâmina foliar organizada em duas zonas denominadas de costal e intercostal (figura 1A). A zona costal é localizada acima das nervuras foliares, enquanto a intercostal é a zona localizada entre elas. A epiderme, porém, é contínua e única em toda a extensão da folha (Evert, 2013).

Nas lâminas foliares das ramificações, a epiderme caracteriza-se por apresentar células comuns longas e curtas (silicificadas e suberosas), papilas, micro e macrotricomas, tricomas, células buliformes, além de estômatos (Judziewicz et al., 1999) (figura 1A-E). As células epidérmicas nos seus diferentes tipos são arranjadas em fileiras paralelas, com a composição de cada fileira variável. As células classificadas como longas são as células epidérmicas comuns e as curtas são as suberosas e as silicificadas. As células suberosas apresentam paredes suberizadas e, em geral, armazenam material orgânico sólido, enquanto as células silicificadas são assim denominadas por apresentarem acúmulo de corpos de sílica.

Diversas funções são atribuídas à presença de sílica nas células, como o aumento da resistência a insetos, bactérias e fungos fitopatogênicos, além da sustentação foliar. O formato, tamanho e distribuição dos corpos silicosos são considerados importantes para fins taxonômicos, como ocorre na distinção dos gêneros *Bambusa* e *Guadua* (Londoño & Kobayashi, 1991).

As papilas são protruções da parede celular periclinal externa. Podem ser pequenas e simples ou grandes e ramificadas. Sua função é controversa e alguns autores acreditam que elas refletem a luz solar, enquanto para outros a sua função é apenas taxonômica. Em folhas de bambus, há tipicamente duas ou mais papilas por células (figura 1B-C). A ocorrência de papilas na lâmina foliar é observada na região intercostal, e a sua presença é considerada como uma característica típica dos bambus. Papilas pequenas e refrativas são particularidades da subtribo *Arthrostylidiinae* e de algumas espécies da subtribo *Guaduinae* (Judziewicz et al., 1999).

Os microtricomas e macrotricomas são apêndices epidérmicos que ocorrem em ambas as faces das folhas. Microtricomas ocorrem em todas as espécies de bambus e são formados por duas células com tamanho semelhante, sendo a apical geralmente com a extremidade arredondada e a basal com formato semelhante às outras células comuns da epiderme (figura 1B). Já os macrotricomas podem estar ou não presentes e, em geral, situam-se sobre as nervuras ou margens foliares; são visíveis a olho nu e consistem em uma única célula alongada com tamanho variável (Metcalf, 1960; Judziewicz et al., 1999).



FOTOS A-E-G-I-K: DALVA GRACIANO HIBBERO, F.E.J. SAMUEL SMITHLER

Figura 1. Características anatómicas dos órgãos vegetativos dos Bambus. (A-C) Secção paradérmica da face abaxial da folha de *Merostachys filgueirasii*; (A) Face epidérmica adaxial dividida em zona costal e intercostal com células buliformes, ganchos e papilas nas células longas; (B) Face adaxial, nota-se microtricomias, espinho, papilas nas células longas e nos estômatos; (C) Detalhe dos estômatos com papilas refrativas. (D) Secção transversal da lâmina foliar de *Guadua magna* mostrando células epidérmicas, estômatos (seta), células buliformes, células invaginantes, células fusoides e feixes vasculares. (E) Secção transversal da lâmina foliar das ramificações de *Guadua refracta* cf. evidenciando a nervura principal complexa, constituída de feixes vasculares, parênquima incolor e células buliformes

(F) Vista geral do colmo, em secção transversal, evidenciando a região cortical contendo feixes vasculares e região medular oca. (G-I) Detalhe dos feixes vasculares do colmo de *Merostachys filgueirasii*; (G) Região periférica, (H) Região mediana e (I) Região interna. (J) Secção transversal do rizoma exibindo epiderme com células simples e silicificadas, córtex com células parenquimáticas de paredes espessadas, periciclo plurisseriado e feixe vascular. (K) Vista geral da raiz de *Merostachys Filgueirasii*, em secção transversal, contendo córtex com aerênquima alongado, periciclo plurisseriado e xilema e floema primário (seta) distribuído por todo o estelo. (ab) face epidérmica abaxial. (ad) face epidérmica adaxial, (ca) cavidade aerífera, (cb) célula buliforme, (ce) célula esclerenquimática, (cf) célula fusóide, (ci) célula invaginante, (cf) célula fusóide, (co) região cortical, (cs) célula silicificada, (ep) epiderme, (es) espinho, (ex) exoderme, (fi) fibras, (f) floema, (fv) feixe vascular, (g) tricoma em forma de gancho, (Me) região medular, (mx) metaxilema, (pa) parênquima, (pp) papila, (pc) periciclo, (pi) parênquima incolor, (tc) microtricomias, (x) xilema, (zc) zona costal, (zic) zona intercostal

Os tricomas podem ser encontrados em dois formatos: gancho e espinho (figura 1A-B). O tricoma em forma de gancho possui tamanho menor, com base esférica e ápice recurvado. O espinho possui paredes espessas e ápice agudo e, normalmente, ocorre ao longo das nervuras, na região costal, conferindo textura áspera à folha (Metcalfe, 1960; Judziewicz et al., 1999).

A célula epidérmica do tipo buliforme é volumosa, ocorre acompanhada de outras similares e dispostas em fileiras longitudinais (Evert, 2013) e, em secção transversal, pode ocupar até 70% do mesófilo (figura 1D-E). Essas células são encontradas somente na face adaxial das folhas dos bambus, permitindo distinguir facilmente a face adaxial da abaxial. A função das células buliformes está relacionada ao processo de enrolar das folhas em condições secas e desfavoráveis e reabrir em condições favoráveis (Judziewicz et al., 1999).

Os estômatos são as principais estruturas que controlam a entrada e saída de gases da folha. São formados por um par de células-guarda com um ostíolo entre elas. Em bambu, as células-guarda são do tipo halteriforme, isto é, são estreitas na região mediana e largas nas extremidades. Os estômatos ocorrem principalmente na face abaxial das folhas e são organizados em fileiras paralelas, intercalados com as células longas ou curtas, e sua diferenciação é basípeta – do ápice para a base da folha (Esau, 1976). Em algumas espécies, pode-se observar entre dois estômatos a presença de 1 a 3 células curtas denominadas células interestomáticas.

Internamente à epiderme, encontra-se o mesofilo que, em bambus, é constituído por tecido parenquimático clorofiliano (clorênquima) não diferenciado em paliádico e lacunoso (figura 1D-E). O tecido parenquimático das folhas é formado por células invaginantes, fusoides e raquimorfos (Wu, 1962) que estão arranjadas em paralelo, ao contrário de outras subfamílias de Poaceae que, geralmente, apresentam organização radial.

As células invaginantes são caracterizadas por exibir paredes finas com projeções ou invaginações pronunciadas e apresentam cloroplastos (figura 1D). Essas células ocorrem dispostas em linhas horizontais entre as células fusoides e as epidérmicas. Próximo à face adaxial da folha, as células invaginantes apresentam a projeção da parede orientada verticalmente, proporcionando aspecto semelhante ao parênquima paliádico, enquanto na face abaxial são arredondadas e as projeções da parede são menos pronunciadas (Metcalf, 1956; Zuluoga et al., 1993; Judziewicz et al., 1999).

As células fusoides são largas com paredes finas, desprovidas de cloroplastos e podem estar presentes ou não no mesofilo dos bambus (figura 1D) (Brown, 1958). O tamanho e forma das células fusoides variam entre as espécies. Já as células raquimorfos apresentam cloroplastos e são características das espécies de Poaceae. Além disso, apresentam saliências que se assemelham a braços e protuberâncias que permitem o contato com as células vizinhas (Freir, 1959). Estão presentes no gênero *Filqueirasia* (Silva-Filho, 2006).

As lâminas foliares dos bambus geralmente apresentam a nervura mediana mais desenvolvida do que nas demais subfamílias de Poaceae (Soderstrom & Ellis, 1987; Judziewicz et al, 1999) (figura 1E). O sistema vascular das lâminas foliares é considerado complexo e os feixes vasculares são normalmente encontrados em grupos, sendo os de maior calibre organizados paralelamente e interconectados por feixes vasculares transversais e de menor calibre (Esau, 1976; Rao, 1985). Feixes vasculares de primeira, segunda e terceira ordens apresentam-se envolvidos por duas bainhas, uma delas formada por célula parenquimática e a outra esclerenquimática (Metcalf, 1960). Os feixes vasculares podem apresentar extensões parenquimáticas ou esclerenquimáticas que se estendem até as faces adaxial e abaxial e conferem sustentação para a lâmina foliar (figura 1D-E) (Judziewicz et al., 1999).

Embora os bambus compartilhem uma anatomia foliar e micromorfologia epidérmica bastante semelhante, que os distinguem de outras gramíneas, variações anatômicas e micromorfológicas podem existir e serem informativas para a identificação e segregação das categorias taxonômicas (Metcalf, 1960; Judziewicz et al., 1999; Desai & Raole, 2013). No entanto, Das et al.

(2008) advertem que as características anatômicas da folha podem não ser uma opção apropriada para determinação em nível de gênero, mas podem ter potencial para níveis taxonômicos inferiores.

**Caules** - Os caules dos bambus são classificados morfológicamente de colmos por apresentarem nós e entrenós. Portanto, são os colmos que compõem a parte aérea da planta fornecendo sustentação para os ramos, folhas e estruturas reprodutivas, além de permitir o contato entre esses órgãos e as raízes (Londoño, 2002).

Os colmos se originam das gemas laterais ativas presentes nos nós dos rizomas. As gemas laterais são regiões meristemáticas que se desenvolvem formando o broto do bambu que, ao surgir na superfície, já completou seu espessamento final, ou seja, a base do broto já apresenta diâmetro definitivo, que será o mesmo durante toda a vida da planta. Já a região apical do broto se afunila conforme o crescimento, conferindo a forma cônica ao colmo. O colmo apresenta apenas crescimento primário, que é considerado rápido, podendo atingir altura máxima em apenas alguns meses. Algumas espécies crescem em torno de 20-50cm de altura, enquanto outras podem alcançar até 30 metros ou mais de altura (Lybeer et al., 2006; Greco et al., 2011).

Nos entrenós da maioria dos bambus existe a parede do colmo, que varia em espessura, circundando uma grande cavidade, a lacuna (figura 1F). Somente algumas espécies possuem os entrenós sólidos, entre as quais podem ser citadas *Dendrocalamus strictus*, *Chusquea* spp. e determinadas espécies dos gêneros *Merostachys* e *Guadua* (Liese, 1998; Judiewicz et al., 1999; Qisheng et al., 2001). A estrutura interna dos nós é conhecida como diafragma nodal e consiste em uma placa sólida, horizontal, com anastomose de tecidos vasculares que separa transversalmente os entrenós. Anastomose é a interconexão de feixes de células vasculares entre os entrenós. Essa composição confere suporte aos colmos, tornando-os capazes de resistir à ação do vento e permitindo suportar o próprio peso (Liese, 1998; Judiewicz et al., 1999; Greco et al., 2011).

Os caracteres morfológicos dos colmos têm sido tradicionalmente usados na identificação de bambus. No entanto, as características anatômicas também têm sido utilizadas com essa finalidade. Especialmente as relacionadas às diferenças encontradas na estrutura dos feixes vasculares dos colmos têm permitido a diferenciação entre gêneros e espécies (Grosser & Liese, 1971; Liese, 1998; Londoño, 2002). A estrutura anatômica dos entrenós, em seção transversal, é determinada pelo formato, tamanho, arranjo e quantidade de feixes vasculares colaterais e a distribuição dos demais tecidos é influenciada

pelo tipo de feixe vascular presente. Adicionalmente, a estrutura anatômica também é determinante para as propriedades físicas dos colmos do bambu, propriedades estas que podem ser utilizadas para definir a espécie a ser cultivada de acordo com a aplicabilidade final desejada.

De fora para dentro, os colmos são divididos nas seguintes regiões: epiderme, córtex, cilindro vascular e medula (figura 1F). No entanto, alguns autores dividem apenas em córtex, parênquima e feixes vasculares (Liese, 1998, Londoño, 2002), sendo que, nesse caso, o córtex abrange a epiderme e a hipoderme.

A epiderme é a camada mais externa do colmo, formada por células epidérmicas comuns com paredes espessadas, altamente lignificadas e alongadas axialmente. As células epidérmicas são cobertas externamente por uma camada de cutina e cera epicuticular, que atuam como um impermeabilizante dificultando a perda de água. Além das células epidérmicas comuns, a epiderme também é constituída por células silicificadas, células suberosas e estômatos. As células silicificadas ocorrem em quantidades elevadas e contribuem com o fortalecimento e sustentação da epiderme dos bambus e para a dureza do colmo. Quando jovem, pode-se encontrar também tricomas; geralmente, macrotricomas.

O córtex é formado pelos tecidos fundamentais e encontra-se logo após a epiderme. A hipoderme é a primeira camada do córtex, composta, geralmente, por células esclerenquimáticas com paredes espessadas ou por células parenquimáticas (Liese, 1985; 1998; Qisheng et al, 2001), variando de 1 a 3 camadas que, juntamente com a epiderme lignificada, impedem qualquer movimento de líquidos. A hipoderme é interrompida onde ocorrem estômatos, e nesses locais é substituída por células parenquimáticas. No entanto, a hipoderme nem sempre é distinta morfologicamente das outras células corticais.

Na maioria das espécies, o córtex é homogêneo e constituído por várias camadas de células parenquimáticas que apresentam formato alongado ou curto. O tamanho dessas células aumenta da periferia para a porção interna. As células alongadas ocorrem em maior quantidade e possuem paredes celulares espessadas que se tornam lignificadas durante o crescimento. Já as células curtas são mais escassas e apresentam citoplasma denso e paredes celulares delgadas que não se lignificam, mesmo em colmos maduros (Grosser & Liese, 1971; Liese, 1985, 1998). Ambos os tipos celulares apresentam numerosos canalículos em suas paredes, denominados de campos primários de pontoação nas células com parede primária, e de pontoações em células com parede secundária. Tais canalículos permitem a comunicação entre as células. A função desses dois tipos celulares permanece desconhecida, porém

acredita-se que as células alongadas auxiliam na sustentação do colmo em decorrência da lignificação das suas paredes.

As células parenquimáticas exercem importantes funções no colmo, como o armazenamento e mobilização de compostos energéticos para produção de brotações laterais, inflorescências e sementes (Liese, 1998). O amido é a principal substância energética armazenada nessas células e seus teores variam de acordo com idade, altura, fase fisiológica da planta e estação do ano. Tal acúmulo torna essas células altamente atrativas para insetos e fungos, o que se torna um problema, principalmente, na preservação de colmos após a colheita (Liese, 2004).

As células parenquimáticas também armazenam sílica em quantidades que variam de acordo com a espécie. A presença de sílica afeta o corte e a polpação do colmo. Portanto, para essas atividades são preferidos colmos com baixo teor desse composto (Liese, 2003).

O sistema vascular do colmo dos bambus está organizado em feixes colaterais constituídos por dois ou três grandes vasos de metaxilema, um ou dois elementos de protoxilema, floema e fibras (figura 1G-I). Os vasos do metaxilema são maiores que os de protoxilema e apresentam-se separados por espaços intercelulares e rodeados por células com paredes celulósicas ou lignificadas (Grosser & Liese, 1971; Liese, 1998). O floema é formado por elementos de tubo crivado e células companheiras e está localizado externamente ao xilema, ou seja, voltado para a epiderme (Grosser & Liese, 1971).

Os feixes vasculares apresentam variações em sua composição celular, organização dos tecidos, formato, tamanho, número e distribuição, assim como o tipo de bainha que os circundam (parenquimática ou esclerenquimática) ao longo do colmo, tanto horizontalmente quanto verticalmente. Essas variações são importantes e levadas em consideração na classificação e identificação das espécies, além de contribuírem para a sua flexibilidade (Liese, 1998). Quatro tipos básicos de feixes vasculares (I, II, III e IV) foram descritos por Grosser e Liese (1971) baseando-se na estrutura em relação à bainha esclerenquimática. Liese (1985) acrescentou mais um tipo (V) e Sekar e Balasubramanian (1994) o subtipo IIa. Posteriormente, Liese e Grosser (2000) acrescentaram mais dois novos subtipos. A disposição dos feixes vasculares também influencia o aspecto visual de produtos confeccionados a partir do bambu, como móveis e assoalhos.

As fibras consistem em tecido esclerenquimático e são caracterizadas pela sua forma longa, afilada em ambas as extremidades, e são, por vezes, bifurcadas. Suas paredes são espessadas, compostas de lignina e inúmeras camadas

com orientação variada de microfibrilas que contribuem para o suporte e, ao mesmo tempo, flexibilidade dos colmos (Liese, 2003). As fibras estão associadas aos feixes vasculares como bainha ou como fibras isoladas e equivalem a 40-50% da massa do colmo e 60-70% do seu peso (Tomazello-Filho & Azzini, 1987; Liese, 1985, 1998).

A quantidade de feixes vasculares e fibras varia ao longo do comprimento e largura do colmo. A parte apical e a região externa do córtex do colmo possuem maior densidade de feixes vasculares e fibras (figura 1G). Já a região mediana do córtex apresenta menor quantidade de feixes vasculares e fibras e essa redução é ainda maior na base e região interna do córtex do colmo (figura 1H-I). O aumento da densidade de fibras ao longo do colmo confere maior resistência mecânica ao ápice em comparação com a parte basal (Liese, 1980; Greco et al., 2011). Dessa forma, a prática comum de descartar a parte apical do colmo durante as coletas pode ser considerada como desperdício de matéria-prima com importante valor agregado, visto o alto conteúdo de fibras existente nessa região (Liese, 1998; Greco et al., 2011).

Além da quantidade de fibras, variações no comprimento dessas células também ocorrem ao longo do colmo, com fibras mais longas nas regiões medianas e fibras mais curtas na base do colmo e em regiões próximas aos nós (Tomazello-Filho & Azzini, 1987; Liese, 1998). O comprimento das fibras também varia consideravelmente entre as espécies. Fibras mais curtas, por exemplo, são encontradas em espécies como *Phyllostachys edulis* (1,5 mm) e *Phyllostachys pubescens* (1,3 mm), enquanto fibras mais longas ocorrem em *Dendrocalamus giganteus* (3,2 mm) e *Oxytenanthera nigrociliata* (3,6 mm). Espécies com fibras longas são as mais indicadas para produção de papel e celulose, já que essa atividade está diretamente relacionada ao tamanho da fibra (Greco et al., 2011).

Na região dos nós, as fibras são curtas com paredes espessas, aforquilhadas e distorcidas, o que garante uma densidade específica mais elevada aos nós, influenciando nas propriedades físicas e de resistência mecânica do colmo (Liese, 2003; Greco et al., 2011).

Todas essas características descritas anteriormente confirmam que os bambus são um dos mais importantes produtos florestais não madeireiros e uma das plantas mais importantes do mundo (Lybeer et al., 2006). Nos últimos anos, as investigações e o aprimoramento do conhecimento sobre as características anatômicas aplicadas às propriedades estruturais dos bambus tiveram impacto econômico e deram origem a indústrias e produtos, como a de utilizar o bambu para produção de papel e celulose.

**Rizoma** - Os rizomas, juntamente com as raízes, constituem o sistema subterrâneo dos bambus. O rizoma é um órgão segmentado em nós e entrenós e apresenta maior desenvolvimento nos bambus lignificados que nos herbáceos. Esse órgão é responsável pela produção de novos colmos e raízes, armazenamento e transporte de nutrientes e suporte da parte aérea (Judziewicz et al., 1999).

O rizoma pode ser organizado em duas porções: o rizoma neck e o rizoma propriamente dito. A porção do rizoma denominada “neck” é a primeira a se formar e pode conter vários segmentos (nós e entrenós) que são destituídos de gemas e raízes. O rizoma propriamente dito é formado a partir do rizoma neck, no entanto apresenta numerosos segmentos contendo raízes e gemas que se desenvolvem e formam os colmos (McClure, 1966).

Diferentes padrões de desenvolvimento permitem classificar os rizomas quanto a sua morfologia. McClure (1996) classificou os rizomas em paquimorfo e leptomorfo, embora alguns subtipos também existam. O rizoma paquimorfo é caracterizado por apresentar os entrenós curtos e espessura maior que o colmo. O rizoma leptomorfo é uniformemente fino com entrenó longo.

De modo geral, a estrutura anatômica do rizoma é semelhante à do colmo, com diferenças verificadas no diâmetro do córtex e medula, distribuição dos feixes vasculares e quantidade de feixes e de fibras (Liese, 1998; Lybeer, 2006) (figura 1J). Em média o rizoma possui 62% de células parenquimáticas, 20% de fibras e 18% de tecidos condutores.

A epiderme do rizoma apresenta os mesmos tipos celulares do colmo, células epidérmicas comuns, silicificadas em abundância, estômatos e tricomas (figura 1J) (Liese, 1998; Segecin & Scatena, 2004; Silva-Filho, 2006). Internamente à epiderme, inicia-se a região cortical, que pode ser constituída de hipoderme, células parenquimáticas e esclerificadas, canais aeríferos e endoderme (figura 1J). A composição celular do córtex se modifica de acordo com a espécie (Liese, 1998) e o número de camadas celulares pode variar de duas a mais de 30.

A hipoderme, quando presente, é esclerenquimática e consiste em uma ou mais camadas celulares localizadas subjacentes à epiderme (Liese, 1998; Silva-Filho, 2006). Células esclerenquimáticas ocorrem em camadas e intercaladas por células parenquimáticas que apresentam paredes delgadas ou espessadas. A presença de canais aeríferos no córtex geralmente ocorre em espécies que crescem em elevadas altitudes (Ding et al., 1996), como observado em *Arundinaria tecta*, que contém canais bem desenvolvidos. Contudo, *Filgueirasia arenicola* não apresenta canais aeríferos (Silva-Filho, 2006). Esses canais são

semelhantes àqueles que ocorrem em caules de gramíneas que se desenvolvem em ambientes alagados do gênero *Oryza*, *Otachyrium*, entre outros.

A endoderme é a camada mais interna do córtex, geralmente constituída por uma camada celular com paredes espessas. O periciclo é formado por uma ou mais camadas de células com paredes delgadas ou espessadas que delimitam os tecidos vasculares externamente (figura 1J). A endoderme e o periciclo são típicos de algumas espécies, principalmente aquelas que crescem em altitude elevada (Ding et al., 1996).

Os tecidos vasculares são organizados em feixes colaterais e, geralmente, ocorrem próximos da endoderme, mas podem ser observados na região do córtex em algumas espécies (Ding et al., 1996; Liese, 1998). A composição dos feixes vasculares do rizoma é semelhante à do colmo, com xilema, floema e bainha de feixe esclerenquimática (Ito et al., 2015). A forma e densidade de feixes variam de espécie para espécie e a distribuição está relacionada com a espessura do rizoma (Liese, 1998). A parte interna tem menor número, enquanto a parte central e a externa possuem quantidade maior, diferindo do colmo onde a incidência principal de feixes ocorre na parte externa.

De maneira geral, o xilema, tecido condutor de água e solutos a longa distância, apresenta um ou dois elementos de protoxilema (primeiras células do xilema primário a se diferenciar) e dois metaxilemas (xilema primário que se diferencia depois do protoxilema) característicos. Variações podem ocorrer na quantidade de metaxilema nos feixes vasculares, como observado em *Phyllostachys pubescens* com um a dois pares de metaxilema (Ito et al., 2015) e *Filgueirasia arenicola*, que apresenta de um a doze elementos (Silva-Filho, 2006). O floema apresenta elementos de metafloema que se caracterizam por numerosos elementos de tubo crivado e células companheiras. A disposição do floema nos feixes vasculares do rizoma não é sempre voltada para a epiderme, pois pode ocorrer inversão dos tecidos condutores, principalmente, nos feixes próximos à medula (Liese, 1998; Ito et al., 2015).

As fibras são observadas circundando todo o feixe vascular ou somente o floema ou o xilema. O rizoma exhibe fibras em menor quantidade e estas apresentam parede celular menos espessa se comparada às fibras do caule, como verificado em *Phyllostachys pubescens* (Ito et al., 2015). As diferenças na quantidade de tecidos do caule e rizoma estão relacionadas com as diferentes funções exercidas por cada órgão. O rizoma apresenta menos fibras e maiores quantidades de tecido parenquimático por ser um órgão relacionado especialmente com o armazenamento de nutrientes, enquanto o caule contém maior número de fibras para conferir suporte mecânico (Liese, 1998).

A estrutura dos elementos vasculares é anatomicamente distinta nos ri-

zomas paquimorfo e leptomorfo ou do colmo de qualquer bambu. O rizoma paquimorfo é considerado mais primitivo que o leptomorfo por apresentar um ou raro dois elementos de metaxilema e ausência ou pouco desenvolvimento do protoxilema. As bainhas de fibras envolvendo os feixes estão ausentes ou ocorrem apenas ao lado do floema (geralmente escassas ou pouco desenvolvidas), e não há fibras no córtex (Liese, 1998).

Já a região central do rizoma é denominada medular e apresenta-se como fistulosa (oca) ou preenchida por células parenquimáticas, que podem armazenar grãos de amido (Ito et al., 2015).

Embora seja difícil resolver problemas sistemáticos com base na estrutura anatômica do rizoma, as características descritas podem ser úteis para a distinção de espécies dentro de um gênero (Liese, 1998).

**Raízes** - As raízes dos bambus diferem dos colmos e rizomas em sua estrutura, pois não são segmentadas em nós e entrenós. Em bambus, a maior parte do sistema radicular é formado por raízes adventícias, que se desenvolvem a partir dos nós encontrados nos rizomas e nas bases dos colmos. O sistema radicular forma uma rede delicada e extensa, essencial para o crescimento e desenvolvimento de cada planta (Liese, 1998; Judziewicz et al., 1999).

As raízes possuem a função de ancorar a planta no solo, além de absorver água e nutrientes que são transportados por toda a planta. Esse órgão também pode armazenar amido, embora nos bambus o armazenamento ocorra principalmente nos rizomas (Judziewicz et al., 1999).

A estrutura anatômica das raízes de bambus apresenta uma sequência característica, iniciando externamente com a epiderme, córtex, cilindro vascular e a medula (figura 1K).

A epiderme é a camada de células mais externa, constituída por células alongadas ou quase isodiamétricas, em seção transversal. As células epidérmicas são altamente variáveis na forma, tamanho e espessura da parede entre as espécies de bambu (Raechal & Curtis, 1990). Pelos radiculares podem ser visualizados na epiderme e são definidos como excrescências epidérmicas, comumente formadas em raízes jovens. Nestas raízes, ocorrem muitos pelos radiculares, que são simples e uninucleados na sua maioria, variando o tamanho e formato. Já nas raízes mais velhas, os pelos são ligeiramente mais espessos e muitos têm pequenas torções e contornos curvos (Rao, 1985).

O córtex consiste em quatro camadas: a camada externa ou exoderme, cilindro cortical lignificado ou não, parênquima e endoderme, como o relatado em *Filqueirasia arenicola* (Silva-Filho, 2006) e em *Chusquea tenella* e *Chusquea ramosíssima* (Montti et al., 2008).

A exoderme é unisseriada, ou seja, é formada por uma camada de células que apresenta variações entre as espécies no tamanho, forma e espessamento das paredes. Internamente à exoderme, ocorrem agrupamentos de células esclerenquimáticas ou parenquimáticas formando um anel cujas células são menores que as demais e que não delimitam espaços intercelulares (figura 1K).

O córtex é formado, em maior parte, por camadas de células parenquimáticas, geralmente isodiamétricas com paredes comumente delgadas, delimitando espaços intercelulares triangulares e dispostas radialmente. Nessa região podem ser observados aerênquima (parênquima que armazena ar entre as suas células) ou cavidades aeríferas de acordo com a espécie (Rao, 1985; Raechal & Curtis, 1990) e essas variam em tamanho e formato (figura 1K).

A endoderme é a camada mais interna do córtex, possui arranjo compacto, com espessamento incompleto da parede (forma de “U”) ou espessamento total (forma de “O”). A espessura da parede celular pode variar de delgada para amplamente espessa, dependendo da espécie (Raechal & Curtis, 1990; Silva-Filho, 2006). Nas raízes de bambu, pode ocorrer deposição de sílica nas paredes celulares da endoderme (Lybeer, 2006). A presença de sílica na raiz pode impedir doenças fúngicas e bacterianas, minimizar o efeito de estresses abióticos, como a toxicidade a metais pesados, estresse à seca e à alta temperatura e congelamento (Ito et al., 2014).

O cilindro vascular apresenta tecidos vasculares e não vasculares. O periciclo está localizado internamente à endoderme, e suas células são parenquimáticas ou esclerenquimáticas, diferindo quanto ao número de camadas, formato e espessamento das paredes. Pode apresentar uma ou várias camadas fortemente lignificadas ou não e, geralmente, é interrompido pelas células do floema, como em *Merostachys filguerasii* (figura 1K).

O tecido vascular pode preencher toda a região interna da raiz formando um cilindro maciço ou ocupar apenas a periferia como um cilindro vascular oco (figura 1K). O xilema é formado por células do metaxilema que possuem tamanho uniforme e são maiores em diâmetro que os vasos de protoxilema. Os vasos de xilema e floema podem formar um cilindro vascular concêntrico ou podem estar dispersos por todo o estelo (*Merostachys filguerasii*) ou somente o floema se dispor de forma aleatória (Raechal & Curtis, 1990; Silva-Filho, 2006).

A medula é a região central da raiz, pode ser oca ou preenchida por células parenquimáticas, com paredes celulares finas ou espessadas, ou ainda células esclerenquimáticas. Em algumas espécies, podem ser delimitadas duas regiões ou serem totalmente uniformes em tamanho e espessura (Raechal & Curtis, 1990).



As raízes de bambu apresentam ampla variação na estrutura anatômica, que pode desempenhar papel importante na caracterização de táxons abaixo de tribo. Além disso, o sistema subterrâneo dos bambus é adaptável a uma variedade de condições e em muitos aspectos eles são mais eficientes do que as demais Poaceae (Rao, 1985).

## Referências

---

- BARKWORTH (eds.). **Grass systematics and evolution**. Washington: Smithsonian Institution Press, 1987.
- BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; GHAVAMI, R.; PEREIRA, A. R. Bambu: características e aplicações. In: FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. (eds.): **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas: UNICAMP, 2003.
- BRANDIS, D. Remarks on the structure of bamboo leaves. **Transactions of the Linnean Society London Botany**, v.7, p.69-89, 1907.
- BROWN, W. V. Leaf anatomy in grass systematic. **Bot. Gaz.**, v.119, n.3, p.170-178, 1958.
- CALDERÓN, C. E.; SODERSTROM, T. R. Morphological and anatomical considerations of the grass subfamily Bambusoideae based on the new genus *Maclurolyra*. **Smithsonian Contributions to Botany**, v.11, p.1-55, 1973.
- CALDERÓN, C. E.; SODERSTROM, T. R. The genera of Bambusoideae (Poaceae) of the American continent: keys and comments. **Smithsonian Contributions to Botany**, v.44, p.1-27, 1980.
- DAS M.; BHATTACHARYA, S.; SINGH, P.; FILGUEIRAS, T. S.; PAL, A. Bamboo taxonomy and diversity in the era of molecular markers. **Advances in Botanical Research, Incorporating Advances in Plant Pathology**, v. 47, p.226-239, 2008.
- DESAI, R. J.; RAOLE, V. M. Leaf micromorphological studies in subfamily Bambusoideae and pooidae from Gujarat, India. **Kathmandu University Journal Of Science, Engineering and Technology**, v.9, n.1, p.37-47, 2013.
- DING, Y. L.; TANG, G. G.; CHAO, C. S. Anatomical studies on the rhizome of some pachymorph bamboos. In: RAO R.; I. V.; WIDJAJA, E. (eds.), **Bamboo, people and the environment, v. 1, Propagation and management. Proceedings of the Vth International Bamboo Workshop, Ubud, Bali, Indonésia**. Nova Déli, 1996.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. Tradução: Berta Lange de Morretes. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.
- EVERT, R. F. **Anatomia das plantas de Esau: meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento**. São Paulo: Blucher, 2013.
- FREIR, F. Las células clorenquimáticas del mesófilo de las gramíneas. **Revista Argentina de Agronomía**. v.26, n.1-2, pp.1-16, 1959.
- GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.107-114, 2005.



- GRECO, T. M.; PINTO, M. M.; TOMBOLATO, A. F. C. **Diversity of bamboo in Brazil. Journal of Tropical and Subtropical Botany**, v.23, n.1, p.1-16, 2011.
- GROSSER, D.; LIESE, W. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. **Wood Science and Technology**, v. 5, p.290-312, 1971.
- ITO, R.; MIYAFUJI, H.; KASUYA, N. Characterization of the rhizome of moso bamboo. **J. Soc. Mater. Sci.**, v.63, p.865-870, 2014.
- ITO, R.; MIYAFUJI, H.; KASUYA, N. Rhizome and root anatomy of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) observed with scanning electron microscopy. **Journal Wood Science**, v.61, n.4, 2015.
- JUDZIEWICZ, E. J.; CLARK, L. G.; LONDOÑO, X.; STERN, M. J. **American Bamboos**. Washington e Londres: Smithsonian Institution Press, 1999.
- LIESE, W. Anatomy of bamboo. In: **Bamboo research in Asia**. Ottawa, IDCR/IUFRO, 1980. p.161-164.
- LIESE, W. Anatomy and properties of bamboo. **International Bamboo Workshop**. China, p.196-208, 1985.
- LIESE, W. The anatomy of bamboo culms. **Technical Report**, 1998.
- LIESE, W.; GROSSER, D. An expanded typology for the vascular bundles of bamboo culms. **Proc. Bamboo Inter. Symposium Chiangmai 2-4 August**, p.121-134, 2000.
- LIESE, W. Structures of a bamboo culm affecting its utilization. **Proceedings of International Workshop on Bamboo Industrial Utilization**, p.1-8, 2003.
- LIESE, W. Preservation of a bamboo culm in relation to its structure. In: Simposio Internacional *Guadua*, 2004. Pereira. Anais... Pereira, 2004. CD-Rom.
- LONDOÑO, X.; KOBAYASHI, M. Comparative study of the silica bodies of *Bambusa* and *Guadua*. **Caldasia**, v.16, p.407-441, 1991.
- LONDOÑO, X. **Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2002. Disponível em: <<http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>>. Acesso em 25 mar. 2015.
- LYBEER, B.; VANACKER, J.; GOETGHEBEUR, P. Variability in fibre and parenchyma cell walls of temperate and tropical bamboo culms of different ages. **Wood Sci Technol**, v.40, p.477-492. 2006. DOI 10.1007/s00226-006-0078-5.
- LYBEER, B. Age-related anatomical aspects of some temperate and tropical bamboo culms (Poaceae: Bambusoideae). Tese de doutorado. Gent: Universiteit Gent – Faculteit Wetenschappen. 2006.
- MCCLURE, F. A. **The bamboos**. Boston: Harvard University, 1966.
- METCALFE, C. R. Some thoughts on the structure of bamboo leaves. **Bot. Mag**, v.69, p.391-400, 1956.
- METCALFE, C. R. **Anatomy of the Monocotyledons I. Gramineae**. Oxford: Clarendon Press, 1960.
- MONTTI, L.; GRACIANO RIVEIRO, D.; GOLDSTEIN, G. Anatomical traits of woody bamboos useful for taxonomic identification: a case of study in Neotropical species. **J. Bamboo and Rattan** 7, n.1-2, p.1-20, 2008.
- QISHENG, Z.; SHENXUE, J.; YONGYU, T. Industrial utilization on bamboo. **INBAR: Technical Report**, n.26, 2001.

- RAECHAL, L. J.; CURTIS, J. D. Root anatomy of the Bambusoideae (Poaceae). **American Journal**, vol.77, n.4, p.475-482, 1990.
- RAMANAYAKE, S. M. S. D.; MBEMADUMA, V. N.; WEERAWARDENE, T. E. Genetic diversity and relationships between nine species of bamboo in Sri Lanka, using random amplified polymorphic DNA. **Plant Systematics and Evolution**, v.269, n.1, p.55-61, 2007.
- RAO, A. N. Anatomical studies on certain bamboos growing in Singapore. **The Journal of the American Bamboo Society**. International Bamboo Workshop, p.209-226, 1985.
- SEGECIN, S.; SCATENA, V. L. Morfoanatomia de rizomas e raízes de Tillandsia L. (Bromeliaceae) dos campos Gerais, PR, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, v.18, n.2, p.253-260, 2004.
- SEKAR, T.; BALASUBRAMANIAN, A. Culm anatomy of *Guadua* and its systematic position. **BIC-India Bulletin**, v. 4, n.1-2, p.6-9, 1994.
- SILVA-FILHO, J. P. B. Caracterização anatômica de *Filgueirasia arenicola* (McClure) Guala (Poaceae: Bambusoideae: *Arthrostylidiinae*). 2006. Dissertação de Mestrado. Brasília: UnB, 2006.
- SODERSTROM, T. R.; ELLIS, R. P. The position of bamboo genera and allies in a system of grasses classification. In: SODERSTROM, T. R.; HILU, K. W.; CAMPBELL, C. S.; Barkworth, M. E (eds.). **Grass systematics and evolution**. Washington, DC London: Smithsonian Institution Press, p.225-238, 1987.
- TOMAZELLO-FILHO, M.; AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. **IPEF**, n.36, p.43-50, 1987.
- WU, M.C.Y. The classification of bambuseae based on leaf anatomy. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, n.3, p.83-108, 1962.
- ZULOAGA, F.O.; JUDZIEWICZ, E.J.L. Agnesia, a new genus of Amazonian herbaceous bamboos (Poaceae: Bambusoideae: Olyreae). **Novon**, v. 3, p.306-309, 1993.