



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



Diogo da Silva Matos

Dissertação de mestrado

**PAPEL DA ESTRUTURA ANATÔMICA E HISTOQUÍMICA DA CASCA EM
ESPÉCIES LENHOSAS RIPÁRIAS NA RESISTÊNCIA AO FOGO**

Orientadora: Rosani do Carmo de Oliveira Arruda
Co-orientadora: Edna Scremin Dias

Campo Grande – MS
2013



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



Diogo da Silva Matos

Dissertação de mestrado

**PAPEL DA ESTRUTURA ANATÔMICA E HISTOQUÍMICA DA CASCA EM
ESPÉCIES LENHOSAS RIPÁRIAS NA RESISTÊNCIA AO FOGO**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

**Campo Grande – MS
2013**

Ficha Catalográfica

Matos, D. S.

Papel da estrutura anatômica e histoquímica da casca em espécies lenhosas ripárias na resistência ao fogo

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Banca Examinadora

Dr^a. Iria Hironi Ishii

Dr. Diego Demarco

Dr^a. Rosani do Carmo de Oliveira Arruda
Presidente

DEDICATÓRIA

*À Deus,
E toda sua misericórdia.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecer a Deus pela oportunidade de viver e por me conceder saúde para que eu pudesse batalhar e granjear a realização de mais esse sonho realizado.

Logo em seguida, agradecer as agências fomentadoras dessa pesquisa: à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos concedida a mim para que eu pudesse me manter como pesquisador, ao projeto de pesquisa: Dinâmica e Efeito do Fogo em Áreas de Mata Ciliar do Rio Paraguai, Pantanal, desenvolvido pelo INAU (Instituto Nacional de Áreas Úmidas), no qual minha pesquisa faz parte, e deu suporte em coletas, material de laboratório e diárias principalmente para apresentação de resultados parciais desta pesquisa em eventos externos, como congresso, por exemplo. Também agradeço à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pela oportunidade de estudar e requerer este título.

Agradeço aqueles que me deram a vida: meu pai Jerônimo (in memoriam) e minha mãe Angelina (Nega, porque ela não gosta do nome dela rs). Que mesmo na distância sei que os sinceros votos de sucesso do meu pai, sempre me acompanharão, pois isso ele sempre me desejava nas despedidas, seguido da frase: Juízo e vá com Deus! (lágrimas de saudade). E minha mãe que mesmo nas precárias condições nunca me disse não, mesmo sendo após um grande discurso. Eu os amo muito!

Agradeço a Deus por minhas orientadoras: Rosani e Edna, principalmente a Rosani, que se tornou uma amiga mãe. Obrigado pelo carinho e por todo o conhecimento que me passou. Muitos dos seus exemplos os levarei por toda minha carreira científica. À Edna, pelos puxões de orelhas e pelos elogios que sempre foram ditos quando acreditava ser conveniente.

As minhas amigas: Wanderleia, Suzy, Eliane e Anielly que correram comigo e que construímos uma história nesses dois anos. Desejo à vocês muito sucesso, mesmo que com o tempo tomemos rumos distintos. Aos colegas de turma: Karina Dias, Suzy Wider, Wesley Covre, Thabata Borine, Vanessa Soares. Jamais poderia esquecer de quem tanto se empenhou e me impulsionou a ingressar na Biologia Vegetal: Ana Carolina (Carol ou Tartaruga), saiba que jamais você sairá do meu coração, te amo muuuuuuito! Aos amigos de laboratório: Wand (amiga irmã), Tamires (a "bee" do meu coração e tão parceira nos momentos de dúvidas e trabalho, principalmente na captura de imagens, agora nossa "técnica"); Jane, por todos exemplos de superação que tem ocorrido em seus dias, principalmente profissionais. O novato mestrando Alê, que irá certamente desempenhar um ótimo trabalho e que ainda incomodarei na anatomia no decorrer do ano. À "mini-petit" Fábia... uma fofa e parceira de Heineckein. Aos meus estagiários Gabriel e Luanda que me acompanharam e ajudaram em muitos momentos de trabalho. À Amanda Boaretto, pelo total suporte que me deu na Farmacognosia. Mesmo nossos experimentos não dando certo, fiquei completamente agradecido pela atenção comigo. Também à Ariana, que na secretaria da Pós sempre foi

um braço direito e como amiga, o braço esquerdo. Tenho certeza que sempre teremos boa amizade “chipa” rsrsrs.

E por último, mas não menos especial, a quem tem feito os meus dias melhores e que mudou o sentido do meu viver. Que tem realizado e vivido comigo as minhas mais intensas emoções e compartilhando momentos inesquecíveis! Te amo e, te quero durante muito tempo em minha vida!

Para não ser falho, aqui agradeço a quem não foi citado: amigos, familiares, irmãos de fé, pessoas que passaram e deixaram marcas em minha vida (laíse, por exemplo) e todos aqueles que compartilharam algo comigo no decorrer do mestrado.

Muito obrigado a todos! De coração...

*“Ainda que eu falasse a língua dos homens e falasse a língua dos
anjos, sem amor eu nada seria...”*

1 aos Coríntios, capítulo 13

Sumário

PAPEL DA ESTRUTURA ANATÔMICA E HISTOQUÍMICA DA CASCA EM ESPÉCIES LENHOSAS RIPÁRIAS NA RESISTÊNCIA AO FOGO	2
DEDICATÓRIA.....	5
AGRADECIMENTOS	6
RESUMO GERAL	10
GENERAL ABSTRACT.....	12
INTRODUÇÃO GERAL	14
<i>O Pantanal Mato-grossense</i>	14
<i>O ciclo de cheia e seca</i>	15
<i>Influência do fogo sobre o Pantanal</i>	17
<i>A casca como mecanismo de proteção ao fogo</i>	18
OBJETIVO GERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
ASPECTOS GERAIS DOS MATERIAIS BOTÂNICOS	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
NORMAS DA REVISTA AMERICAN JOURNAL OF BOTANY	28
ARTIGO: Anatomia e histoquímica da casca de espécies resistentes e não resistentes ao fogo	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS	37
DISCUSSÃO.....	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS.....	55

RESUMO GERAL

Na região do Pantanal do Brasil, os fenômenos de seca e inundação são comuns e testam a capacidade de adaptação das plantas. Em períodos de seca, as áreas úmidas do Pantanal de Mato Grosso do Sul (MS) estão particularmente sujeitas a incêndios causados pela baixa umidade relativa do ar, alta disponibilidade de matéria orgânica seca, bem como a queima realizada por agricultores locais para renovação de pastagens. Assim, enquanto algumas espécies arbóreas são completamente eliminadas, outras sobrevivem especialmente aquelas sob a influência ripária. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar as características morfológicas e anatômicas que poderiam explicar porque algumas espécies lenhosas em áreas sob a influência do Rio Paraguai (MS) são resistentes ao fogo, enquanto outras não são. Para confirmar a presença ou ausência de certas espécies lenhosas, a seleção das plantas foi baseada em levantamentos florísticos de áreas afetadas e não afetadas pelo fogo. Mais especificamente, a anatomia da casca de três espécies consideradas resistentes ao fogo, *Inga vera* Willd. (Fabaceae), *Ocotea diospyrifolia* (Meisn.) Mez (Lauraceae) e *Triplaris gardneriana* L. (Polygonaceae), e três espécies não resistentes, *Albizia inundata* (Mart.) Barneby & JW Grimes (Fabaceae), *Genipa americana* L. (Rubiaceae) e *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), foram avaliadas. O material coletado foi fixado em FAA 50% e armazenados em álcool etílico 70%. As amostras foram emblocadas em Polietilenoglicol (PEG) e seccionados em micrótomo rotativo de deslize nos planos transversal longitudinal tangencial e radial. Os cortes foram corados com dupla coloração de azul Alcian e Safranina 9:1 e montados em lâminas permanentes com Entellan®. Da perspectiva da anatomia e morfologia da casca, verificou-se que, casca fibrosas, incluindo a presença de cristais e compostos fenólicos, pode proporcionar resistência ao fogo. A abundância de fibras foi observada em *Inga vera*, e vastas faixas

de fibras e cristais também foram observadas em *Ocotea diospyrifolia* e *Triplaris gardneriana*. No entanto, enquanto *Albizia inundata* apresenta uma estrutura floemática semelhante à de *I. vera* e *T. americana*, a quantidade de fibras e de compostos fenólicos é reduzida em comparação as espécies resistentes ao fogo. A casca de *G. americana* apresenta apenas esclereides; drusas e cristais de areia, mas não estão presentes compostos fenólicos, foram observados no floema desta espécie, bem como em *V. divergens*. Concluímos que não só a espessura da casca, mas a composição do tecido são fatores importantes para a resistência ao fogo. A abundância de esclerênquima e a presença de cristais e idioblastos fenólicos podem ser indicados como elementos de resistência ao fogo para as espécies estudadas. Espécies que não resistem à ação do fogo, não apresentaram o conjunto de caracteres anatômicos reconhecidos no primeiro, corroborando a proposta de que as espécies não seriam resistentes à queimadas.

Palavras-chave: Anatomia da casca - Pantanal brasileiro – Periderme - Resistência ao fogo

GENERAL ABSTRACT

In the Pantanal area of Brazil, the shift from drought to flood is common and tests the adaptability of plant life. In periods of drought, the wetlands of Mato Grosso do Sul (MS) are particularly subject to wildfires caused by low relative humidity, high availability of dry organic matter, as well as burning carried out by local farmers to clear pasture land. Yet, while some tree species are completely eliminated, others survive, especially those under riparian influence. Therefore, this study aimed to evaluate the morphological and anatomical characters that could explain why some woody species in areas under the influence of the Paraguay River (MS) are resistant to fire, while others are not. To confirm the presence or absence of certain woody species, plant selection was based on floristic surveys in areas affected and not affected by fire. Specifically, the anatomy of the bark of three species considered resistant to fire, *Inga vera* Willd. (Fabaceae), *Ocotea diospyrifolia* (Meisn.) Mez (Lauraceae) and *Triplaris gardneriana* L. (Polygonaceae), and three nonresistant species, *Albizia inundata* (Mart.) Barneby & JW Grimes (Fabaceae), *Genipa americana* L. (Rubiaceae) and *Vochysia divergens* Pohl (vochysiaceae), were evaluated. The collected material was fixed in FAA 50% and stored in ethyl alcohol 70%. Specimens were embedded in polyethylene glycol and sectioned on a sliding rotary microtome in transverse, tangential and radial longitudinal planes. The sections were double stained with Alcian blue and Safranin 9:1 and mounted in permanent slides with Entellan®. From the perspectives of bark anatomy and morphology, it was found that fibrous, thick bark, including the presence of crystals and phenolic compounds, could provide fire resistance. An abundance of fibers was observed in *Inga vera*, and vast bands of fibers and crystals were also seen in *Ocotea diospyrifolia* and *Triplaris gardneriana*. However, while *Albizia inundata* presents a phloem structure similar to that of *I. vera* and *T. americana*, the amount of fibers and

phenol compounds is reduced in comparison to the fire-resistant species. The bark of *G. americana*, presenting only sclereids; druses and sand crystals are present but no phenolic compounds, were observed in the phloem of this species as well as in *V. divergens*. We conclude that not only the thickness of the bark but the tissue composition are important factors for fire resistance. The abundance of sclerenchyma and the presence of crystals and phenolic idioblasts, could be indicated as fire resistance elements to studied species. Species that could not resist the action of fire, did not present the set of anatomical features recognized in the first, corroborating the proposal that species were not resistant to burning.

Keywords: Bark anatomy - Brazilian Pantanal – Periderm – Fire Resistant

INTRODUÇÃO GERAL

O Pantanal Mato-grossense

Resultado do soerguimento da Cordilheira dos Andes há milhares de anos, o Pantanal é a maior planície de inundação contínua do planeta (Brasil, 1979). Segundo Abdon et al. (2007), o Pantanal está localizado na parte central da Bacia do Alto Paraguai (BAP) ocupa uma área de aproximadamente 140.000 km². No Estado de Mato Grosso (MT) ocupando área de 48.865 km² (35,36%) e em Mato Grosso do Sul 89.318 km² (64,64%). Constitui uma extensa planície aluvial sujeita a alternâncias de períodos de seca e enchentes anuais e plurianuais (Brasil, 1979), considerado a maior área inundável do continente americano (Souza, 1978).

A porção brasileira da Bacia do Alto Paraguai (BAP) apresenta área de aproximadamente 380.000 km², estendendo-se de norte a sul, desde o rio Sepotuba (Serra dos Parecis) no Mato Grosso ao rio Apa (sul de Mato Grosso do Sul), e de leste a oeste, respectivamente, rio Taquari (Planalto do Mato Grosso) e à própria depressão do rio Paraguai, fazendo divisa com o Paraguai e a Bolívia (Carvalho, 1986). Fundamentalmente, a BAP pode ser dividida em duas regiões topográficas distintas: Planície e Planalto. A primeira é caracterizada pela dinâmica de sistemas lóticos e lânticos de águas rasas, proporcionando certa peculiaridade na formação e distribuição de solos, acabando por implicar em grupos de vegetação intimamente ligados a estes fatores, dentre eles ocorrem as Savanas, Savana-Estépicas e Florestas Estacionais (Velooso et al., 1991), estas últimas sustentadas pelos desníveis sutis, desenvolvendo pequenas elevações, onde distribuem-se as matas de capões e cordilheiras (permeando corixos, vazantes, baías e salinas). O planalto, caracterizado por não ter influência dos pulsos de inundação, possui solos bem drenados e apresenta maior precipitação, abriga

predominantemente vegetação de porte arbóreo de Savanas Florestadas e Arborizadas e Florestas Estacionais (Veloso et al., 1991). Localizado na região central da América do Sul, a BAP caracteriza-se pela mistura fitogeográfica (Adámoli, 1986), pela convergência de quatro das principais províncias fitogeográficas da América do Sul; O Pantanal possui influência das formações vegetacionais e fitogeográficas do Chaco, Amazônia, Floresta Atlântica e Sul, que adentram na planície, contribuindo com elementos florísticos na sua formação (Rizzini, 1979). Especificamente o Pantanal recebe influência não somente da Florestas Semidecíduais, como também de Florestas Decíduais, Chaco e Cerrados (Damasceno Junior & Pott, 2011). Esta circunstância particular faz surgir na BAP uma grande multiplicidade de fitofisionomias, que se distribuem de acordo com os fatores limitantes a cada província, as quais seus protagonistas esforçam-se em manifestar de forma similar à sua área Core, e a resposta integrada de cada um deles vem a formar um mosaico singular denominado por Adámoli (1982) como “Complexo do Pantanal”. Entre os fatores modeladores da paisagem e limitantes da fitogeografia atual da BAP à dinâmica cheia, vazante e seca, o relevo e o clima bem marcado caracterizam, principalmente, a gênese e a distribuição de solos (Amaral Filho, 1986), que nas planícies da BAP dominam os solos hidromórficos (92,52%).

O ciclo de cheia e seca

O ciclo periódico de seca e inundação, chamado também de pulso de inundação (Junk et al., 1989), é um dos fatores que regem a biodiversidade do Pantanal, pois ora favorece espécies relacionadas à fase de seca, ora favorece as espécies relacionadas à fase de cheia. Além disso, uma fase favorece a outra: espécies vegetais terrestres mortas pela inundação fornecerão, através de sua decomposição, nutrientes e sais que

contribuirão para o desenvolvimento das espécies vegetais aquáticas e vice-versa. De acordo com Petts (1990), por se tratar de uma grande zona de transição entre sistemas terrestres e aquáticos, o Pantanal poderia ser classificado como um grande ecótono. Além disso, a inundação, de acordo com a altura do nível do rio e tempo de duração, é também, o grande fator condicionante das diversas fitofisionomias da região (Brasil, 1979).

O pulso de inundação é um dos fatores que rege a biodiversidade do Pantanal, e as áreas inundadas são exemplos de ambientes complexos que sofrem perturbações em curtas escalas de tempo, como as inundações periódicas e flutuações de nível d'água que são característicos desses ambientes (Junk et al., 1989). Segundo Adámoli (1995), o regime de inundações é o fator ecológico fundamental do Pantanal que determina os pulsos dos principais processos bióticos e abióticos, bem como as composições específicas das unidades de paisagem. Alterações no regime de inundações causam mudanças na cobertura vegetal, o que influencia todo o bioma, contudo, o monitoramento dessas áreas é uma tarefa difícil, em razão das grandes extensões de terra e da dificuldade de acesso (Pott & Pott, 2004). Devido ao alagamento, as plantas produzem sinais metabólicos de vários tipos, em resposta à diminuição dos níveis endógenos de oxigênio: alteram sua arquitetura, anatomia, metabolismo e crescimento como estratégia de sobrevivência (Bailey-Serres & Voesenek 2008).

Seca é o termo utilizado para designar um período sem precipitação constante, durante o qual o conteúdo em água do solo é reduzido de tal modo que as plantas estão expostas à falta de água. Frequente, embora não obrigatoriamente, o déficit hídrico do solo está associado a forte evaporação em detrimento aos elevados níveis de radiação (Larcher, 1995). Em períodos de cheia há o estabelecimento de diversas espécies vegetais aquáticas, justificado pelo aumento de áreas alagadas, e ao contrário, em

períodos de seca, há grande deposição de matéria orgânica seca oriunda de períodos de cheia ao longo da vegetação ripária, que atua como combustível na presença de fogo.

Influência do fogo sobre o Pantanal

A origem natural do fogo ainda é pouco entendida e registrada. A ocorrência de raios é citada como um fator de início natural do fogo. Contudo, o efeito antrópico tanto no cerrado como em outros ecossistemas, já é conhecido e amplamente estudado (Caldararo, 2002 e Svenning 2002). Vestígios como a diminuição de grandes mamíferos, sugerem que o fogo tem ocorrência no Cerrado a mais de 30.000 anos (Ledru 2002), entretanto a cerca de 8.000 anos o fogo passou a ocorrer com intensidade bem maior, sinalizando o aumento da população humana nesta região (Ledru 2002).

As queimadas são fenômenos comuns no Pantanal e, em geral, seu início é resultado da necessidade do produtor renovar as pastagens. Estas queimadas apresentam periodicidade bem marcada, normalmente nos meses de setembro a dezembro (Macedo et al, 2009), quando algumas pastagens apresentam massa seca em abundância podendo, a prática da queima fugir ao controle e ser considerada pelas autoridades como uma ação criminosa. Áreas de fitofisionomias semelhantes às de Cerrado são comuns no Pantanal, e a presença do fogo também atua como um agente de manutenção das fisionomias campestres e savânicas de vegetação podendo provocar mortalidade de indivíduos do estrato arbóreo e arbustivo (Sato & Miranda 1996, Hoffmann & Moreira 2002).

A adaptação das plantas e comunidades ao fogo evoluiu sob determinadas condições ambientais em escala temporal e espacial com a extensão do distúrbio sendo ajustada às variações climáticas e topográficas (Steuter & McPherson, 1995). O fogo pode afetar um único indivíduo por consumir substâncias de reserva que sustentam o crescimento, a exemplo do amido, bem como comunidades de plantas por reduzir a

fertilidade e umidade do solo através do aumento na evapotranspiração e escoamento superficial de exsudados (Steuter & McPherson, 1995). Em pequena escala os indivíduos têm respostas morfofisiológicas ao fogo, já em grande escala, ocorre uma dinâmica de mosaico da vegetação, que muda de acordo com a intensidade dos distúrbios provocados pelo calor, podendo resultar em aceleradas taxas de extinção e fragmentação de comunidades vegetais (Grime & Campbell, 1991; Steuter & McPherson, 1995; Bond & Wilgen, 1996).

A casca como mecanismo de proteção ao fogo

Árvores são organismos que possuem lenho e casca (floema e periderme), resultado do crescimento secundário (em espessura) a partir dos meristemas laterais – o cambium vascular e o cambium da casca, o felogênio – que propicia o crescimento em diâmetro. Este crescimento, mais intenso que em altura, em muitas plantas acrescenta tecido de lenho tão intensamente que parte da periderme se distende e se rompe, muitas vezes possibilitando a entrada de invasores como microrganismos patogênicos. Entretanto, o felogênio (câmbio da casca) produz células de súber impermeáveis isolando os tecidos internos do caule (Raven et al., 2007) e efetivamente protege os tecidos vivos internos.

A casca compreende os tecidos externos ao cambium vascular (floema secundário e periderme), sendo a periderme formada internamente pela feloderme, externamente pelo súber ou felema, e o felogênio substitui a epiderme nos caules e raízes com crescimento secundário contínuo (Esau, 1974). A estrutura do felogênio é mais simples que do cambium vascular por apresentar apenas um tipo de células iniciais, sendo geralmente encontrado nos vacúolos das células derivadas do felogênio que constituirão o súber, conteúdos como taninos, e pouco espaço intercelular, exceto nas regiões das lenticelas para auxílio de trocas gasosas (Fahn, 1990).

As pesquisas realizadas com casca possuem na maioria das vezes enfoque ecológico, medicinal (na análise dos compostos e substâncias encontradas em geral no floema secundário) e também taxonômico, auxiliando na identificação, separação e caracterização de espécies (Richter, 1981; Trockenbrodt & Parameswaran, 1986 e Angyalossy-Alfonso & Richter, 1991). No Brasil, um dos trabalhos pioneiros com estudos de anatomia da casca foi realizado em espécies de *Eucalyptus* por Angyalossy-Alfonso (1983) contribuindo para a identificação infra-genérica. Outra pesquisa que se destaca por tratar da relação entre os tecidos de proteção com a tolerância ao fogo é o trabalho de Alonso & Machado (2008), em menção a espécie *Erythroxylum tortuosum* (Erythroxylaceae) do Cerrado de São Paulo.

A sobrevivência à queimada em espécies arbóreas está relacionada à integridade do câmbio vascular proporcionado pelos tecidos da casca (Esau, 1974). A espessura e morfologia externa da casca são fundamentais e podem conferir resistência ao fogo. Em geral, o aumento do diâmetro do caule, resulta também no aumento da casca que varia com a idade da planta, sendo citadas, sua altura de dois metros, idade de cinco a seis anos, ou espessura de casca superior a cinco centímetros, exemplos de fatores de sobrevivência a perturbação de fogo (Ferreira & Irgang, 1979). Bond & Wilgen (1996) defendem a hipótese de sobrevivência determinada por características anatômicas, fisiológicas e comportamentais, além das características ambientais pós-fogo, como rebrota, afirmando ainda que modificações nestas populações dependerão fundamentalmente destas características para serem reconhecidas como potenciais à resistência ao fogo.

Propriedades químicas e morfológicas das espécies associadas às defesas contra herbivoria e a adaptação para sobreviver à seca, bem como o arranjo de comunidades ao espaço, tendem a influenciar a suscetibilidade destas ao fogo, caso ocorrente em

vegetação de Cerrado (Risser, 1990; Bond & Wilgen, 1996). Na interação entre fogo e comunidade vegetal, plantas consumidas rapidamente por sua ação e/ou portadoras de maior capacidade para rebrota, frequentemente dominam a vegetação de áreas degradadas por incêndios (Wallace, 1990), conhecidas como plantas colonizadoras ou pioneiras.

Alguns trabalhos recentes correlacionam a sobrevivência de espécies arbóreas com a espessura da casca em ambientes variados como Cerrado, Floresta Amazônica e Savanas que ocasionalmente sofrem por ação de fogo (Lawes et al., 2011; Brando et al., 2012). Embora a espessura da casca seja a característica mais conhecida como responsável pela resistência ao fogo, altura e diâmetro do caule podem ser caracteres igualmente importantes (Pinard and Huffman, 1997; Nefabas and Gambiza, 2007). Outras propriedades que podem conferir resistência ao fogo são umidade do conteúdo da casca, inflamabilidade e estrutura física (Vines, 1968; Hengst e Dawson, 1994; Gignoux et al., 1997). Outros trabalhos sugerem ainda, que fatores associados as características estruturais da casca, como por exemplo, textura, anatomia, fissuras e escamas, podem às vezes ser mais importantes do que a espessura da casca, especialmente onde a casca é profundamente fissurada ou fibrosa (por exemplo, Gill & Ashton 1968).

No Pantanal, queimadas ocorrem naturalmente ou devido ao manejo não adequado de áreas de pastagens. Para prevenção e combate ao fogo o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA, 2009) possui uma Programa chamado Prevfogo – Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Vastas áreas de formação ciliar do rio Paraguai foram devastadas pelo fogo no ano de 2009 (IBAMA, 2009). Nestas áreas foram evidenciadas que algumas espécies arbóreas

de mata ciliar do Rio Paraguai sobrevivem à ação do fogo, sendo outras, totalmente dizimadas dessas áreas.

OBJETIVO GERAL

Caracterizar a morfo-anatomia da casca de seis espécies lenhosas de formação ripária do Pantanal e correlacionar as possíveis características morfológicas, anatômicas e histoquímicas a sua resistência ao fogo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a anatomia da casca de três espécies arbóreas resistentes e três espécies não resistentes ao fogo, presentes em matas ripárias do rio Paraguai;
- Avaliar, por meio de análises histoquímicas a ocorrência de metabólitos secundários que possam estar relacionados com a resistência estrutural da casca e sobrevivência das espécies selecionadas;
- Identificar os elementos celulares e/ou estruturais que provavelmente estejam propiciando a sobrevivência em espécies resistentes;
- Analisar se a resistência das espécies ao fogo é determinada pela espessura da casca;
- Indicar a partir dos resultados obtidos, espécies adequadas para restauração de áreas sujeitas à ação de fogo.

ASPECTOS GERAIS DOS MATERIAIS BOTÂNICOS

Albizia inundata (Mart.) Barneby & J.W. Grimes - “bigueiro”

Aspectos gerais – Árvore caducifólia, de 5-12 m de altura, copa aberta, o que permite ser um dormitório do biguá, de onde surge o nome popular “bigueiro ou biguazeiro”; possui madeira clara, leve, fácil para manuseio na utilização de cabos para ferramenta, caixotes, móveis, tonéis, chapas e celulose; ocorre em matas ciliares e em locais com solo argiloso; distribui-se nas Américas tropical e subtropical da várzea amazônica e da Caatinga ao Sul do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai (Pott & Pott, 1994).

Genipa americana L. - “jenipapo”

Aspectos gerais – Árvore ereta de 5-12 m, unissexuada, floração de setembro a dezembro, fruto entre outubro e fevereiro; tem várias utilizações: o fruto é comestível, utilizada como alimento por peixes e aves e também é extraído o suco com o fruto maduro; a madeira é usada na fabricação de remos, escultura e lenha, sendo também utilizada para cabo de ferramentas, canoa, colher, palito e raquete; a casca, por conter taninos e mucilagem é usada como anti-inflamatório sobre ferimentos; ocorre em todas sub-regiões do Pantanal, em mata ciliar alagável, capões, borda de mata e Cerradão, em solos arenosos ou argilosos; possui ampla dispersão neotropical, América Central e do Sul, do México à Argentina (Pott & Pott, 2004).

Inga vera Willd. - “Ingá”

Aspectos gerais – Árvore de 5-10m, semidecídua, característico de planícies aluviais e matas ciliares, apresenta nítida preferência por solos bastante úmidos e até brejosos; floração entre os meses de agosto e novembro e com frutos entre os meses de dezembro e fevereiro; a madeira é moderadamente pesada, sendo utilizada em caixarias, obras internas, confecção de brinquedos e lápis; os frutos são comestíveis e bem procurados

por animais; ocorre de São Paulo ao Rio Grande do Sul, principalmente em florestas pluviais (Pott & Pott, 1994).

Ocotea diospyrifolia (Meisn.) Mez - “Canela-preta”

Aspectos gerais – Árvore, de 3-8 metros, flor perfumada de maio a outubro, podendo estender até dezembro; frutos ocorrem de entre novembro e janeiro; conhecida popularmente como caneleira ou canela preta; além do potencial ornamental, sua madeira leve, é utilizada como tábua, na fabricação de móveis e construção civil; ocorre em todas as sub-regiões do Pantanal, em capões, borda de cordilheira, mata ciliar alagável e em solos arenosos e argilosos; pode ser encontrada na Argentina, Bolívia e Paraguai (Pott & Pott, 1994).

Triplaris americana Wedd. - “Novateiro-preto” ou “Pau-de-novato”

Aspectos gerais – Árvore de 2-7 metros, apresenta caule tortuoso e ramificado, copa baixa, folha dura, unissexuada, floração de julho a agosto, frutos dispersos pelo vento em meses secos (entre agosto e outubro); o caule possui uma medula oca, onde se instalam formigas pretas poucos agressivas e de onde surge o nome popular pau-de-novato ou novateiro-preto; as espécies femininas são bem utilizadas em ornamentação, pois uma bela inflorescência de cor vermelha; é uma espécie colonizadora de áreas perturbadas, como beira de estradas; ocorre em capões, bordas de lagoas pouco ou não inundáveis, em solos argilosos e férteis; há ocorrência no Ceará e em mata semidecídua na Bolívia (Pott & Pott, 1994).

Vochysia divergens Pohl - “Cambará”

Aspectos gerais – Árvore ereta de 5 a 18 metros, copada, floração entre agosto e setembro e fruto no início da estação chuvosa; por portar inflorescência exuberante, tem utilização ornamental; a madeira é leve e dela é feita a canoa pantaneira, também é utilizada como tábuas, caixarias, compensado e celulose; da casca é feito um xarope

com mel para curar tosse e gripe, e das folhas, faz-se um chá recomendado contra asma, gripe e apendicite; é uma espécie invasora de pastagens do Pantanal, seguindo avançando sobre os campos dando origem aos “cambarazais”; ocorre em mata ciliar, campos de inundação por rio, habita solos argilosos ou sílticos, também solos arenosos; é uma espécie amazônica (Pott & Pott, 1994).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdon, M. M.; Silva, J.S. DA S.; Souza, I.M. ; Romon, V.T. ; Rampazzo, J. ; Ferrari, D.L, 2007. Desmatamento no Bioma Pantanal até o Ano de 2002: Relações com a Fitofisionomia e Limites Municipais. RBC. Revista Brasileira de Cartografia, v. 59, p. 17-24.
- Adámoli, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os Cerrados: discussão sobre o conceito de “Complexo do Pantanal”. Anais... Congresso Nacional de Botânica, 32., Teresina, pp.109-119. 1982.
- Adámoli, J. 1986. Fitogeografia do Pantanal. In: Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócios Econômicos do Pantanal. 1. 1984 Corumbá - MS. EMBRAPA-DDT, Brasília, p.105-106. (EMBRAPA-CPAP. Série Documentos, 5).
- Adámoli, J. 1995. Zoneamento ecológico do Pantanal baseado no regime de inundações. In: Encontro Sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantanal, 1. Corumbá. Anais. São José dos Campos: Inpe, 2005. p.15-17.
- Alonso, A. A. & Machado, S. R. 2008. Stem protective tissue in *erythroxylum tortuosum* (erythroxylaceae), a fire tolerant species from Cerrado. IAWA Journal, Vol. 29 (1), 2008: 69–77.
- Amaral-Filho, Z.P. 1986. Solos do Pantanal Mato-Grossense. Doc. Embrapa/CPAP, n. 5, p. 91-103.
- Angyalossy-Alfonso, V. 1983. Caracterização anatômica da madeira e casca das principais espécies de *Eucalyptus* do estado de São Paulo. *Silvicultura*: 28:720-725.
- Angyalossy-Alfonso, V. & Richter, H.G. 1991. Wood and bark anatomy of *Buchenavia Eichl.* (Combretaceae). *IAWA Bull.* 12:123-141.
- Bailey-Serres, J. & Voesenek, L.A.C.J. 2008. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. *Annual Review Plant Biology* 9:313-339.
- Bond, W.J., Wilgen, B.W. van. 1996. Fire and plants. London: Chapman & Hall. 263p. (Population and community biology, 14).

- Brando, P. M.; Nepstad, D. C.; Balch, J. k.; Bolker, B.; Christman, M. C.; Coe, M. e Putz, F. E. 2012. Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: the roles of bark traits, tree size, wood density and fire behavior. *Global Change Biology*, 18ed., p. 630-641.
- Brasil. Ministério do Interior. 1979. Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai. Relatório da 1a fase. Brasília-DF, t.2.
- Caldararo, N. 2002. Human ecological intervention and the role of forest fires in human ecology. *Science of the Total Environment* 292:141-165.
- Carvalho, N.O. 1986 Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. Pp. 43-49. Anais do simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal: manejo e conservação. Corumbá, 1986. Brasília, EMBRAPA
- Damasceno-Junior, G. A. & Pott, A. 2011. Métodos de amostragem em fitossociologia sugeridos para o Pantanal. *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso*. Vol. 1, Ed.1, UFV.
- Esau, K. 1974. Anatomia das plantas com sementes. São Paulo: Edgard Blücher.
- Fahn, A. 1990. Plant anatomy. 4^a ed. Oxford: Pergamon Press.
- Ferreira, A. G. & Irgang, B. E. 1979. Regeneração natural de Araucaria angustifólia nos aparados da serra – RS. Campo Grande: Anais da Soc. Botânica do Brasil – XXX Cong. Nac. de Botânica, MS – 21 a 27 jan., PP. 225-230.
- Gignoux, J., Clobert, J., Menaut, J.C. 1997. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. *Oecologia* 110(4): 576–583
- Gill AM, Ashton DH (1968) The role of bark type in relative tolerance to fire of three central Victorian eucalypts. *Australian Journal Botany*. 16:491–498
- Grime, J.P., Campbell, B.D. 1991. Growth rate, habitat productivity, and plant strategy as predictors of stress response. In: MOONEY, H.A., WINNER, W.E., PELL, E.J. (Eds.). *Response of plants to multiple stress*. London: Academic. Cap.7. p.143-159.
- Hengst, G.E. & Dawson J.O. 1994. Bark properties and fire resistance of selected tree species from the central hardwood region of North America. *Can J For Res* 24:688–696
- Hoffmann, W.A. & Moreira, A.G. 2002. The role of fire in populacion dynamics of wood plants. In the Cerrados os Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna (P.S. Oliveira & J.R. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York. p. 159-177.
- IBAMA. 2009. Relatório de ocorrências de incêndios em Unidades de Conservação Federais, 2005 a 2008; Prevfogo – Brasília.

- Junk, W.J.; Bayley, P.B. & Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river - floodplain systems. Pp. 110-127. In: D.P. Dodge (ed.). Proceedings International Large River Symposium (LARS), Can Sepc. Publ. Fish Aquat. Sci. 106: 110-127.
- Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. Berlin. Ed. Springer. 506p.
- Lawes, M. J.; Richards, Anna; Dathe, J.e Midgley, J. J. 2011. Bark thickness determines fire resistance of selected tree species from fire-prone tropical savanna in north Australia. *Plant Ecology*. p.2057-2069.
- Ledru, M. P. 2002. Late quaternary history and evolution of the cerrados as revealed by palynological records. Pages 33-50 in P. S. Oliveira and R. J. Marquis, editors. *The cerrados of Brazil*. Columbia University Press, New York.
- Macedo, H. de A.; Silva, A.; Neves, S. M. A. da S.; Neves, R. J. 2009. Avaliação das queimadas no Pantanal do Paraguai na região de Corumbá e Ladário, MS no período de Maio de 2009. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 2, 7-11 novembro 2009, Corumbá, MS. Anais... Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.452-459.
- Nefabas, L.L. & Gambiza, J. 2007. Fire-tolerance mechanisms of common woody plant species in a semiarid savanna in south-western Zimbabwe. *African Journal Ecology* 45 (4):550–556
- Nimer, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Brasília: IBGE, Série Rec. Nat. e Meio Ambiente, n. 4. 422 p.
- Petts, G.E. 1990. Regulation of large rivers: Problems and Possibilities for environmentally-sound river development in South America. *Interciencia* v.15, n.6, p.388-395.
- Pinard, M.A. & Huffman, J. 1997. Fire resistance and bark properties of trees in a seasonally
- Pott, A.; Pott, V.J. 1994. *Plantas do Pantanal*. Brasília: Embrapa.
- Pott, A.; Pott, V.J. 2004. Features and conservation of the Brazilian Pantanal wetland. *Wetlands Ecology and Management*, v.12, p.547-552.
- Raven, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. *Biologia Vegetal*. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, pp. 362-385.
- Richter, H. G. 1981. Wood and bark anatomy of Lauraceae I. *Aniba Aublet*. *IAWA Bull.* 2:79 - 87.
- Risser, P.G. 1990. Landscape processes and the vegetation of the North American grassland. In: COLLINS, S.L., Wallace,L.L. (Eds.). *Fire in North American tallgrass prairies*. Norman : University of Oklahoma, p.133-146.

- Rizzini, C. T. 1979. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos. São Paulo, SP. HUCITEC e Editora da Universidade de São Paulo. v. 2.
- Sato, M. N. & Miranda, H.S. 1996. Mortalidade das plantas lenhosas do cerrado durante queimadas prescritas. In 8o Simpósio sobre o cerrado. (R.C. Pereira & L.C.B. Nasser, Eds.). Embrapa – CPAC, Planaltina. p. 253-257.
- Souza, L.G. 1978. Bacia do Paraguai: geografia e história. Brasília: Dep. de documentação e divulgação.
- Steuter, A.A., McPherson, G.R. 1995. Fire as a physical stress. In: BEDUNAH, D.J., SOSEBEE, R.E. Wildland plants physiological ecology and developmental morphology. Denver: Society for Range Management. p.550-579.
- Svenning, J. C. 2002. A review of natural vegetation openness in north-western Europe. *Biological Conservation* 104:133-148.
- Trockenbrodt, M. & Parameswaran, N. 1986. A contribution to the taxonomy of the genus *Inga* Scop. (Mimosaceae) based on the anatomy of the secondary phloem *IAWA Bull.* 7:62-71.
- Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.. 123 p.
- Vines, R.G. 1968. Heat transfer through bark, and the resistance of trees to fire. *Aust J Bot* 16(3):499–514.
- Wallace, L.L., 1990. Epilogue: a search for paradigms. In Collins, S.L., Wallace, L.L. (Eds.) *Fire in North American tallgrass prairies*. Norman: University of Oklahoma. p. 147-151.

NORMAS DA REVISTA AMERICAN JOURNAL OF BOTANY

1. Title Page

Place a running head 2.5 cm (1 in) below the top of the page with the surname of the FIRST author (followed, as appropriate, with the surname of a sole co-author, or with et al. if there are three or more authors) and a short title.

The manuscript title for research papers should be specific and informative, conveying the key findings of the research in an active voice. Center boldfaced title written with sentence-style capitalization, followed by superscript 1 (for footnote 1, to appear on footnote page). In most cases, Latin binomials in a title should be followed by the name of the family in parentheses. Below the title, list authors: each author's first name, middle initial, surname. On the next line, give affiliation and unabbreviated address. If authors have different affiliations and addresses, add a superscript number after each author's name to indicate the footnoted address. Include another footnote superscript number to indicate the author for correspondence.

2. Footnote Page

Include the following footnote:

¹Manuscript received _____; revision accepted _____.

Place brief acknowledgments, if desired, as a separate paragraph, using the following style: "The author(s) thank(s)..." For brevity, do not use first names. Include grant acknowledgments here.

Other footnotes (e.g., e-mail for correspondence) are permitted: match footnote numbers with those on the title page.

3. Abstract Page

AJB requires structured abstracts for manuscript submission. The abstract is 250 words or less, written in the following structured format:

- *Premise of the study* (why the work was done, what major questions of plant biology are addressed, and why it is important to the broad *AJB* readership)
- *Methods*
- *Key results*
- *Conclusions* (what major points should the reader take from this article)

Note that the abstract will be used in an RSS feed and thus should capture the interest of the general botanical community as well as the specialists and include the most important contribution of this paper. Avoid references; if essential, cite parenthetically with journal name, volume number, pages, and year.

Provide a list of 3–10 "**Key words**" that will be used for the volume index. Capitalize proper nouns, place in alphabetical order, and separate by semicolons.

4. Text

In the first paragraph of the introduction, include the theoretical or conceptual basis for your work in a context accessible to the diverse botanical readership that **AJB** attracts. Include a summary of conclusions and a take-home message for the generally informed reader in the DISCUSSION.

Center main headings and capitalize all letters: MATERIALS AND METHODS, RESULTS, and DISCUSSION.

Indent subheadings at the start of a paragraph; capitalize only the first word and proper nouns and adjectives.

Second-level headings—(boldface italic followed by an em dash)

Third-level headings—(italic followed by an em dash) Fourth-level headings—(regular text followed by an em dash)

In MATERIALS AND METHODS add name, city, spelled-out state (if in USA), and country of manufacturers/suppliers after brand names.

If statistical analyses are used, include statistical values in the RESULTS either in the text or within tables. Include the statistic value, degrees of freedom, and *p*-value for each result reported (e.g., for a *t*-test report "*t* = 32.41, *df* = 1, *P* = 0.03" for an ANOVA report "*F*_{5, 23} = 26.45, *P* less than 0.001" [note two *df*-values as subscripts with *F*]). Use *P* for significance, and *p* for probability.

Common Latin words (e.g., *in vivo*, *sensu lato*) are not italicized.

Footnotes are not used in the text.

5. Literature Cited

Verify all entries against original sources. Double check that all references in the manuscript text are in the Literature Cited and vice-versa and that they agree in spelling and year.

Literature citations in text—Cite references in chronological order (oldest first); within a given year, order them alphabetically (e.g., Jones and Gil, 1999, 2006; Ashton et al., 2007; Brown, 2007; Jackson, 2005, 2008).

Single author: Jones (2008) or (Jones, 2008). Two authors: Jones and Gil (2008) or (Jones and Gil, 2008). More than two authors: Jones et al. (2008) or (Jones et al., 2008).

Manuscripts accepted for publication but not yet published: Jones (in press) or (Jones, in press). Include “In press” citations in LITERATURE CITED (shown later).

Unpublished data and manuscripts (e.g., submitted, in prep.) and personal communication: (F. Jones, Institution, unpublished data [or unpublished manuscript or personal observation]).

These are not included in LITERATURE CITED.

References listed in LITERATURE CITED—List citations in alphabetical order by author.

Single-author titles precede multi-authored titles by the same senior author, regardless of date.

List works by the same author(s) chronologically, beginning with earliest date of publication.

Spell out all author(s) names. Use “a”, “b” (determined alphabetically) for works with the same author(s) and year citation.

For multi-authored works, list the first seven authors and then “et al.”— unless there are only eight authors and then list all eight.

Type author names in citations in upper and lower case or in large and small caps, *not* in all caps. For formatting examples (note spacing, capitalization, italics, etc.), go

to http://www.botany.org/ajb/ajb_Lit_Cited_Instructions.pdf.

6. Tables – include in manuscript file and place immediately after Literature Cited

Tables need to be formatted using the Table feature in Word or in a spreadsheet such as Excel. Number tables with Arabic numerals followed by a period. Capitalize first word of title; all others, except proper nouns, are lowercase; spell out names of genera and abbreviations on first mention; place period at end. Include study organism (species or group) and geographic location in each caption when appropriate. Place explanatory notes and define all abbreviations below the table after the heading “Note:” or “Notes:”. Place footnotes after the Notes.

Every column must have an appropriately placed heading (esp. the first at left—the stub head), with appropriate subheadings. In the body of the table, capitalize the first word of each entry (and proper nouns); do not use vertical lines between columns; indicate footnotes by lowercase superscript letters.

If the use of color in a table is essential, please contact the Editorial Office at ajb@botany.org.

7. Appendices – include in manuscript file and place immediately after the tables

If voucher and gene accession information support the study, list these in Appendix 1, which will be published in the print and online versions. Provide an appendix title, and a sentence-style row of headings for the data. For each taxon sampled, include specimen voucher information and/or gene accession numbers, separated by commas. To save space, the taxa can be run together in a paragraph. See a current issue or <http://www.amjbot.org/content/98/6/1049.full> for an example.

Additional appendices may be included. **AJB** encourages online-only publication of extensive appendices, as well as other supplemental materials that support the article but are best presented electronically (see “Online Supplemental Materials” below).

8. Figure Legends – include in manuscript file and place immediately after the Appendices (or after the tables if there are no appendices)

Each figure legend must be complete and informative so that reference to the text is not necessary to understand the content of the figure. Abbreviations should be defined unless they are standard convention. Place legends as separate paragraphs following the appendices. For figures with multiple lettered panels, a general title for the figure should be followed by a description of each panel (e.g., Fig. 5. Relationship between... (A) All fruits. (B) Fruits less than 0.5 mm.). When applicable, study organism (species or group) or geographic location, and define scale bar (e.g., Bar = 0.1 μ m). For micrographs, include pertinent information such as magnification and type of section, stain, optics, or special techniques. Any nonlinear adjustment to photographs must be detailed.

Define all symbols and abbreviations either in a key within the figure or in the legend; if defined in an earlier legend, the appropriate figure or table may be cited.

Place figure abbreviations in alphabetical order and format as follows: c, cell; n, nucleus.

9. Figures/Illustrations - upload as separate files (do not include in the manuscript file)

For details and illustrated examples,

see http://www.botany.org/ajb/AJB_Digital_Art_Guidelines.pdf. A figure checklist is also available at http://www.botany.org/ajb/AJB_Figure_Checklist.pdf.

TIFF or EPS formats are preferred for color and black and white photographs, drawings, and graphs.

Prepare figures at the final size desired: 1 column (8.9 cm [3.5 in]), 1.5 column (12.7-15.3 cm [5-6 in]), or 2 columns (18.4 cm [7.25 in]) wide and less than the length of the page (23 cm [9 in]).

Low-resolution files may be initially uploaded/submitted for the review process. Once your manuscript has been tentatively accepted, printer-quality (high-resolution) figures are required. See "Tips for Large Files" below.

Figure Manipulations

Certain types of electronic manipulations of micrographs and other digital images may not be ethically acceptable. Images that will be compared with each other must be acquired and processed under the same conditions. Manipulations such as background subtraction or white-balancing should be explained in the Materials and Methods section. Note that a selected area within an image may not be altered or enhanced; the entire image must be treated the same. Linear adjustments to contrast, brightness, or color must be applied to an entire image or plate equally (or explained). Detail nonlinear adjustments in the legend. Always keep original raw data files for documentation upon request.

Resolution for Final Figures

Line art (black lines and text, including phylogenetic trees): 1000-1200 dpi.

Halftone/grayscale (images with shades of gray, such as black and white photographs): a minimum of 300 dpi.

Color: a minimum of 300 dpi. Use RGB mode (not Indexed Color Mode). [Note: Do not send color files if images are to be printed in black and white.]

Combination art (grayscale image with type): 600-900 dpi.

Grayscale images should have the whitest area of the image set at a 2% highlight value, while the blackest area of the image should be set to a 98% shadow value.

Include the screen and printer font files for any text that has been added to the figure. Use PC or Mac versions of Adobe Postscript fonts. To avoid font problems, convert all type to curves or paths.

Format and Style

Use consistent style, font, and font size (between 6 and 10 pt.) for all figures. Use of standard fonts (Times New Roman, Helvetica) gives better results.

For figures with multiple elements (photos, drawings, or graphs), group elements in a rectangle or square and label the top left corner of each element with a capital letter (e.g., A, B). Keep elements close together for best use of space. Photographs in a composite plate should each be numbered and separated by a thin line or blank space.

Label axes; include Standard International (SI) Units of measure in parentheses; capitalize only the first letter of the first word (e.g., "Stem growth (%)"). Axis label should be c. 0.2 cm from units on axis, but no more than 0.5 cm; x- and y-axis labels should be equidistant from axes.

Use abbreviations consistently in the text and figures.

For magnified illustrations, provide a scale bar defined in either the figure itself or at the end of the legend.

Cover image and caption

You are invited to submit one or more color photographs (or artificially colored photomicrographs) to be considered for a cover illustration. The image must be at least 300 ppi and in portrait format slightly larger than 21.6 cm wide x 28 cm high (8.5 x 11 in). Submit the file(s) online with your original submission or revised manuscript. Also include a brief caption that describes the image, scientific name and authority of any organism, photographic technique, image manipulation, and the major result of the research. For micrographs, include pertinent information such as magnification and type of section, stain, optics, or special techniques.

The legend should do more than just describe the image itself: it should "tell a story" by explaining why the image is important to entice the reader to search for the full article.

See <http://www.amjbot.org/content/vol95/issue4/cover.shtml> for an example.

Tips for Large Files

Files >5 MB may be slow (or impossible) to upload on most servers. When saving graphics, LZW compression (Save As/Option) may be used to reduce file size. If your image is line-art and all pixels are either black or white, first convert the image to grayscale mode, then convert to bitmap mode at 1200 dpi, then save with LZW compression. If your image is black and white with gray portions, convert the image to grayscale mode, then save with LZW compression. (If

you have any confusion about bitmap mode for line-art, your Digital Art Guidelines contain examples of image types with suggested resolutions. Alternatively, the Editorial Office may direct you to upload the files to an FTP site or send them via e-mail through <http://www.YouSendIt.com>.

Online Supplemental Materials

Authors may wish to augment their manuscripts with online supplemental materials (e.g., large data sets, three-dimensional reconstructions, simulations, real-time movies, color photographs). Upload these appendices as separate files with the initial manuscript submission. Include a header on each file using this format: Smith et al.—American Journal of Botany 99(#): ###-###. 2012. – Data Supplement S1 – Page 1”. Name online supplements Appendix S1, Appendix S2, etc, in the order in which they appear in the text, regardless of whether they are tables, figures, text, other media, or a combination thereof. In the manuscript, after the mention of an online appendix, include the following: “(see Supplemental Data with the online version of this article)”. Note that if authors wish to submit long DNA sequence appendices as supplemental material, they should select the "DNA sequences (online-only supplemental)" option on Editorial Manager. This ensures that lengthy appendices are not built into the reviewers' PDF, but are still accessible to the reviewers.

Abbreviations, Units, and Symbols

See a recent Table of Contents page for commonly used abbreviations.

Do not begin a sentence, heading, or title with an abbreviation.

Abbreviate figure as “Fig.” or “Figs.”

Use the following abbreviations with numerals without spelling out at first use: h, min, s, yr, mo, wk, d, cm, mm, DNA, cpDNA, RNA, dNTP. Designate temperature as in 30°C (use the degree sign, not zero or the letter o).

Numbers: write out one through nine unless a measurement, a designator, or in a range (e.g., four petals, 3 mm, 6 yr, 5–11 species, day 2). Use % instead of percent with numerals; 1000 instead of 1,000; 10 000 instead of 10,000; 0.13 instead of .13.

Use Standard International (SI) units throughout the text, figures, and tables. Use the word mass (kg, g, mg) correctly; weight is reported in newtons (N). Use either a solidus for one unit in the denominator (e.g., kg/m²) or a negative exponent with multiplier dot (e.g., kg•m⁻²•d⁻¹) for two or more units in the denominator. Use L for liter (mL for milliliter).

Include a space before and after all operation signs (e.g., =, +) with equations and definitions; use an en dash (width of two hyphens) for minus sign.

Copyright and Color Agreement Forms

Once your manuscript has been accepted for publication, return signed copyright forms for the article, and any color plates, to the Editorial Office in St. Louis, Missouri. All authors must sign off on the copyright form or contact the Editorial Office to confirm their participation in the work.

Copyright Assignment - <http://www.botany.org/ajb/AJBcopyright.pdf>

Color agreement form - http://www.botany.org/ajb/AJBcolor_agr.pdf

If you have reproduced copyrighted material in your manuscript, send proof of permission to the Editorial Office.

If you would like to reproduce copyrighted material previously published in the *American Journal of Botany*, return the completed permission request form available online at <http://www.botany.org/ajb/BSAPermission.pdf>.

Questions? Contact the Editorial Office

American Journal of Botany

Amy McPherson, Managing Editor

Editorial Office

P.O. Box 299

St. Louis, MO 63166-0299

phone: 314-577-5112; FAX: 314-577-9515

E-MAIL: ajb@botany.org

[Last updated 28 January 2013]

Anatomia e histoquímica da casca de espécies resistentes e não resistentes ao fogo

Diogo da Silva Matos^{1,2}, Edna Scremin Dias¹ e Rosani do Carmo de Oliveira Arruda¹

¹CCBS- Botânica, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, caixa postal 549, CEP 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil.

RESUMO

A resistência de espécies lenhosas expostas à perturbação de fogo levanta diversas hipóteses, entre elas a anatomia da casca, sendo indicados em especial alguns tipos celulares e/ou compostos secundários presentes na casca de árvores resistentes ao fogo. A partir de levantamentos florísticos realizados em áreas ripárias do rio Paraguai expostas à ação do fogo, observou-se a permanência de determinadas espécies enquanto outras eram totalmente queimadas. Diante ao fato, para esta pesquisa, foram selecionadas três espécies resistentes e três espécies não resistentes ao fogo sendo avaliados a periderme e o floema secundário. Dentre as espécies resistentes de famílias diferentes, foram observadas características comuns: como a abundância de esclerênquima próximo ao câmbio vascular, presença de cristais e compostos fenólicos, caracteres não observados em espécies não resistentes.

Palavras chave: Compostos fenólicos, Cristais de oxalato de cálcio, Esclerênquima

ABSTRACT

The resistance of woody species exposed to fire disturbance raises various factors, including the bark anatomy, being indicated in some particular cell types and / or secondary compounds present in the bark fire resistant. From floristic surveys conducted in riparian areas the Paraguay River exposed to the action of fire, we observed the persistence of certain species while others were totally burnt. Given the fact, for this research, we selected three species and three species not resistant fire resistant and were evaluated periderm and secondary phloem. Among the hardy species from different families, were observed common characteristics: as the abundance of sclerenchyma near the vascular cambium, crystals and presence of phenolic compounds, characters not seen in non-resistant species.

Keywords: Crystals calcium oxalate, Phenolic compounds, Sclerenchyma

²autor para correspondência: matosdioguinho@gmail.com

INTRODUÇÃO

A anatomia do lenho tem sido utilizada como uma importante ferramenta de auxílio em questões taxonômicas, evolutivas e ecológicas. Estudos sobre a anatomia da casca se iniciaram mais tarde, tendo por objetivo complementar os estudos do lenho, sendo o atual interesse voltado principalmente no auxílio de identificação e separação de espécies, como comprovado por diversos autores (Richter 1981, Trockenbrodt & Parameswaran 1986, Angyalossy-Alfonso e Richter 1991). Embora a periderme seja uma das características mais visíveis das plantas lenhosas em campo, e apesar de vários estudos com floema que já provaram seu potencial para qualificar as relações filogenéticas em muitas famílias vegetais, o floema secundário e a periderme que constituem a casca, ainda são os tecidos vegetais menos conhecidos e, portanto, ainda pouco incluído nos estudos sistemáticos. No Brasil, os estudos de anatomia do lenho e da casca realizados por Angyalossy-Alfonso (1983, 1987) e de anatomia do lenho realizados por Tomazello Filho (1985) com espécies de *Eucalyptus*, introduzidas, trouxeram contribuições para a identificação dentro do gênero.

A casca - termo que designa todos os tecidos externos ao câmbio vascular, compreendendo o floema secundário e a periderme e tecidos não condutores externos à periderme, por exemplo, o ritidoma (Evert, Esau e Eichhorn 2006), compõe um complexo estrutural com funções múltiplas, destacando-se o auxílio no suporte estrutural e a proteção contra fatores de ameaças bióticas e abióticas (Roth 1981).

O fogo espontâneo ou de origem antrópica é comum em áreas do Pantanal, bioma com marcada sazonalidade com estação chuvosa seguida de uma estação seca (Pott, 2000), sendo propagado facilmente devido à produção de matéria seca (Frost e Robertson, 1987; Higgins, Bond e Trollope, 2000). Embora a frequência de fogo pela ação antrópica tenha aumentado em relação às ocasionadas por fatores naturais,

alterações da estrutura e composição de comunidades vegetais principalmente as espécies lenhosas (Bond e Midgley, 2001), alguns autores sugerem a sobrevivência de espécies lenhosas por adaptações estruturais (fisiológicas ou anatômicas, por exemplo), resultado de sua história de vida, exposta aos distúrbios provocados pelo fogo ao longo do tempo (Bond e Wilgen, 1996; Bond e Midgley, 2001).

Prováveis aspectos citados como associados a esta resistência, pode ser a espessura da casca - quanto maior a espessura, maior a proteção do cambio vascular, resultando na manutenção celular da casca (Gignoux, Clobert e Menaut, 1997). Bond e Wilgen (1996) afirmam que a sobrevivência das árvores a passagem do fogo, pode ser também ser determinada por características ambientais pós-fogo, como rebrota, por exemplo, e que modificações em populações e comunidades dependerão fundamentalmente destas características para serem reconhecidas como potencial resistência à ação do fogo.

Através de levantamentos florísticos realizados na vegetação ripária do rio Paraguai, comprovou-se que algumas espécies destas áreas sobreviviam a ação do fogo, a exemplo de *Inga vera* Willd., *Ocotea diospyrifolia* (Meisn.) Mez e *Triplaris gardneriana* Wedd, enquanto outras - *Albizia inundata* (Mart.) Barneby & J.W. Grimes, *Genipa americana* L. e *Vochysia divergens* Pohl, sujeitas as mesmas perturbações, não resistiam nas áreas após a perturbação. Visando avaliar as possíveis respostas sobre a razão associada à sobrevivência das espécies resistentes, levantamos a hipótese do papel da casca sobre a resistência destas espécies ao fogo.

Neste trabalho foram avaliados os caracteres morfológicos, anatômicos e histoquímicos que poderiam estar associados à sobrevivência dessas espécies ripárias lenhosas do Pantanal. Por meio de análises qualitativas e quantitativas pretende-se comprovar a hipótese de que tanto a espessura da casca, quanto sua constituição celular

e a composição química de alguns componentes da periderme e do floema conferem resistência das espécies ao fogo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de coleta - O material vegetal foi coletado às margens da vegetação ripária do Rio Paraguai, município de Corumbá – MS, (coordenadas: 18°56'45,5"S; 57°40'07,7"W). De acordo com BRASIL (1982), os solos predominantes na área de estudo são eutróficos, de textura argilosa a moderadamente argiloso. Na margem do rio há um horizonte de areia na camada superficial seguido de um horizonte de argila, a qual é mais espessa nas partes mais alta e mais fina em partes inferiores. O clima segundo Köppen é classificado como Aw, isto é, clima quente e úmido, com estação chuvosa no verão e estiagem no inverno, caracterizando o clima como estacional (Nimer, 1989). Entre os meses de outubro a março chove o equivalente a 80% da precipitação do ano inteiro. A pluviometria varia de 1.000 a 2.000 mm/ano, sendo que os maiores índices estão concentrados nas altas bacias, sendo que em áreas planaltinas o período úmido ocorre entre os meses de outubro e março, com três a quatro meses secos, enquanto que na área pantaneira o período úmido é mais curto, de novembro a fevereiro, com cinco meses secos (Almeida, 1987).

Material botânico. Duas coletas foram realizadas, uma no dia 20 de outubro e outra nos dias doze e treze de novembro, ambas em dois mil e onze, em períodos secos. Com o auxílio de motosserra, foram retiradas amostras triangulares da casca com aproximadamente cinco centímetros de altura e uma profundidade suficiente para conter parte do xilema conservando a integridade do cambium vascular (Fig. 1H), de três indivíduos de cada espécie. Ainda em campo, o material coletado foi fixado em FAA 50%. Indivíduos férteis foram coletados e incorporados ao Herbário da Universidade

Federal de Mato Grosso do Sul, campus Campo Grande - CGMS com seus respectivos números de identificação (tabela 1).

Procedimentos anatômicos - O material fixado em campo permaneceu assim por 10 dias. Em laboratório, as amostras foram desidratadas em série etanólica e conservadas em álcool 70%. As amostras foram lapidadas e aquelas consideradas mais rígidas, foram amolecidas em solução de etilenodiamina 50% (Carlquist, 1950) e posteriormente, todas as amostras foram emblocadas em polietilenoglicol (PEG) 1500. As secções foram obtidas por meio de micrótomo de deslize nos planos transversais, longitudinal radial e tangencial, com auxílio de uma solução de poliestireno expandido dissolvido em acetato de butila (Barbosa et al., 2010). Esta resina foi aplicada sobre as amostras emblocadas que receberam um pedaço de fita adesiva sobre a resina seca como suporte adicional para impedir o rompimento dos tecidos da casca, imediatamente antes do seccionamento. As secções receberam dupla coloração etanólica: azul de alciano e safranina, ambos a 1%, montadas com Entelan® em lâminas permanentes. Para obtenção de lâminas de material macerado, foi usada a metodologia de Franklin (1945), corando-se o material dissociado em azul de astra 1% e safranina 1% na proporção de 9:1, etanólicos e montados em glicerina 50%. Para a identificação dos componentes celulares da parede ou conteúdo, foram utilizados reagentes: cloreto de zinco iodado para identificação de paredes primárias (Jensen 1962); floroglucinol clorídrico para lignina (Sass 1951); lugol para amido (Sass 1951); sudan IV para identificar substâncias de natureza lipídica (Sass 1951) e cloreto férrico para compostos fenólicos (Johansen 1940). Para confirmação da natureza dos cristais de oxalato de cálcio foram realizados testes com ácido acético e ácido clorídrico (Johansen 1940). As documentações foram obtidas em fotomicroscópio Leica DMLB, acoplado ao sistema de captura de imagem e câmara fotográfica Leica DC 300F, com sistema de captura de imagens.

Análise estatística - As mensurações das cascas foram obtidas a partir dos cortes histológicos, utilizando o software ImageJ®. Das mensurações obtidas foi aplicado o teste ANOVA de uma via para testar a hipótese de que a espessura da casca é fator determinante à resistência ao fogo.

RESULTADOS

Os aspectos externos da casca das espécies não resistentes (Fig.2A-I) e resistentes (Fig.3A-I) avaliadas evidenciaram caracteres comuns. Contudo, em espécies resistentes, caracteres anatômicos e histoquímicos comuns entre indivíduos de espécies resistentes, não foram observados entre indivíduos de espécies não resistentes ao fogo, conforme descrição da tabela 2.

Nas espécies avaliadas a espessura não foi fator significativamente distintos ($p>0,05$) comparando espécies resistentes e não resistentes ao fogo (tabela 3).

Os testes histoquímicos realizados com as espécies avaliadas para identificação dos conteúdos celulares estão ilustrados na tabela 4.

Descrição anatômica das espécies não resistentes ao fogo

Albizia inundata (Mart.) Barneby & J.W. Grimes – Facabaeae - Mimosoideae (Fig.1A)

Aspectos gerais da casca – Externamente, súber de coloração marrom escura, lisa, com estrias superficiais em sentido longitudinal e lenticelas (Fig. 2A) visíveis em períodos pós-inundação; internamente, a casca é clara variando de amarelo a marrom claro (Fig. 2B e 2C).

Periderme – Em secção transversal a periderme é bem desenvolvida, com ondulações (Fig. 4A). Lenticelas não visíveis; felogênio (Fig.4E) constituído por células

de paredes delgadas e súber com estratos intercalados de células achatadas, ora suberizadas, ora lignificadas (Fig. 4D).

Feloderme – Em secção transversal não forma estratos e possui arranjo desordenado, presença de esclereídes agrupadas (Fig. 4A) com formato irregular em secções transversais e algumas destas de tamanho reduzido portam cristais.

Floema secundário – O floema secundário forma camadas; apresentam grupos de fibras variando de duas a quatro camadas. Estes grupos são margeados de células parenquimáticas que portam cristais, não formando uma série cristalífera contínua em secções longitudinais. As células do parênquima axial que separam os elementos de tubo crivado, em secção transversal, são de formato isodiamétrico, na região não colapsada do floema; na região colapsada, as células constituem camadas ao ponto que os raios desarranjam-se na região cortical; ainda no córtex observam-se grupos de esclereídes não vistos na região não colapsada (Fig. 4A).

Elementos de tubo crivado – Possuem paredes delgadas, placa crivada composta reticulada, oblíqua, áreas crivadas laterais visíveis, com duas a três células companheiras (Fig. 4B).

Esclerênquima – As fibras do floema secundário são células estreitas e alongadas em secção longitudinal, possuem paredes espessas bem lignificadas, não constituindo uma série contínua no sentido axial. Estas se apresentam sempre margeadas por parênquima portando cristais prismáticos de oxalato de cálcio (Fig. 4C). As esclereídes estão presentes no córtex, formando grupos e às vezes pequenas faixas, possuem paredes periclinais e anticlinais bem espessas, fortemente lignificadas, curtas radialmente e em secções transversais, variam de esféricas a estreitas elípticas.

Parênquima – O parênquima axial apresenta-se com paredes delgadas, células isodiamétricas em secção transversal e eretas em secção longitudinal, exceção apenas

para as células portadoras de cristais que são curtas longitudinalmente. O raio é do tipo não estratificado, homogêneo, formado por células procumbentes de paredes delgadas; tangencialmente a altura do raio varia de oito até dezenove camadas de células e largura de três a cinco células.

Inclusões orgânicas – Representada por compostos fenólicos observados em células do súber. Grãos de amido também são observados no floema colapsado e na região cortical.

Inclusões inorgânicas – Cristais de oxalato de cálcio, de formato prismático (Fig. 4C) foram observados.

Genipa americana L. – Rubiaceae (Fig. 1B)

Aspectos gerais da casca – Externamente, o súber é acinzentado (Fig. 2D); apresenta pequenas lenticelas (Fig. 2E) em toda extensão do caule e algumas estrias transversais. Internamente, a casca é clara, variando de bege a marrom claro (Fig. 2F).

Periderme – Súber formado por células tabulares (Fig. 5A) em secções transversais, estas portam cristais prismáticos de oxalato de cálcio em seu interior na região mais próxima ao córtex e ao felogênio (Fig. 5F) é constituído por células de paredes delgadas.

Feloderme – Grupos de esclereídes (Fig. 5C) com formato variando de esféricas a estreitas e elípticas; cristais do tipo drusa (Fig. 5E) com distribuição aleatória ocorrem em todo o córtex e células do parênquima axial preenchidas por grânulos de amido.

Floema secundário – Apresenta pequenos grupos de esclereídes, células de parênquima portando areia cristalífera e drusas esparsamente encontradas na região não colapsada. Mais internamente à região colapsada, formam-se faixas de grupo de esclereídes a partir de onde os raios se desarranjam. Mais externamente à região

colapsada há maior concentração de drusas e diminuição de grupos de esclereídes. Destaca-se a quantidade de amido em células de parênquima tanto na porção colapsada como não colapsada.

Elementos de tubo crivado – Possui parede delgada, placas crivadas compostas do tipo escalariforme (Fig. 5B) e oblíqua; áreas crivadas laterais visíveis, e possui de uma a duas células companheiras por elemento de tubo crivado.

Esclerênquima – Somente esclereídes de paredes espessas e fortemente lignificadas, ocorrem no floema e no córtex, com formatos variando de esférico a estreito elíptico em secções transversais (Fig. 5C) e curtas em secção longitudinal. Grupos de esclereídes são observados em meio ao floema colapsado; estes grupos de esclereídes tendem a formar uma faixa paralela (Fig. 5A) ao eixo do cambio vascular, podendo ocorrer uma média de três faixas subsequentes no floema colapsado.

Parênquima – O parênquima axial possui células variando de isodiamétricas a levemente alongadas, com paredes finas e alta concentração de amido. O raio é do tipo não estratificado (Fig. 5B), multisseriado, heterogêneo, formado por células procumbentes e quadradas; a altura varia de três a treze camadas de células e a largura, de duas a três células. Os raios possuem direção regular, do cambio vascular até a região de córtex, onde ocorre desvio aleatório.

Inclusões orgânicas – Representada por compostos fenólicos observados somente em células do súber. Grãos de amido, em abundância, ocorrem no floema colapsado e não-colapsado, assim como na região cortical.

Inclusões inorgânicas – Drusas foram observadas em toda porção do floema e do córtex (Fig. 5E), bem como prismáticos em células da periderme.

Vochysia divergens Pohl (Fig. 1F)

Aspectos gerais da casca – Externamente, a casca é rugosa, macia, com fissuras longitudinais irregulares (1-3cm) e coloração cinza (Fig. 2G). Não há presença de lenticelas (Fig. 2H) possivelmente por se tratar de um súber totalmente fissurado, o que facilita a troca gasosa. Internamente, a casca tem coloração rósea à marrom (Fig. 2I).

Periderme – Súber formado por estratos de células com formatos diferentes. Há uma sequência de faixas de células de formato irregular e alongadas, com paredes delgadas e uma camada, geralmente central, de células fortemente suberizadas (Fig. 6D). A porção mais externa do súber é formada por células de esclerênquima (esclereídes) lignificadas e outras células tabulares suberizadas. O felogênio (Fig. 6H) é formado por células tabulares de paredes delgadas.

Feloderme – O córtex é formado por parênquima axial e esclerênquima, em secção transversal, é bem desenvolvido e destaca-se pela grande concentração de grupos de esclereídes (Fig. 6A). Na região cortical, os raios passam a apresentar sentido irregular e drusas são facilmente observadas entre as células do parênquima axial.

Floema secundário – Não forma camadas, na região não colapsada não há esclerênquima, somente drusas (Fig. 6G) distribuídas esparsamente. Na região inicial do floema colapsado encontram-se grupos de esclereídes permanecendo estes grupos até a porção cortical.

Elementos de tubo crivado – Placa crivada composta, posicionada longitudinalmente de transversal a oblíqua (Fig. 6C); apresenta área crivada lateral (Fig. 6E), e possui de duas a três células companheiras por elemento de tubo crivado.

Esclerênquima – Formado somente por esclereídes. Em secções transversais apresentam-se sempre em grupos (Fig. 6F). São células curtas, de paredes bem espessas e fortemente lignificadas. Encontram-se grupos com distribuição aleatória desde o floema não-colapsado à região cortical.

Parênquima – O parênquima axial apresenta células de formato esférico em secção transversal e alongadas radialmente, possuem paredes delgadas onde comumente são encontrados amido em seu interior. Os raios são do tipo não estratificado (Fig. 6B), heterogêneo, formado por células procumbentes e quadradas; a altura do raio varia de quinze a trinta camadas de células e a largura, de cinco a dez células.

Inclusões orgânicas – Representada por amido no interior das células dos parênquimas axial e radial.

Inclusões inorgânicas – Como cristais de oxalato de cálcio em formato de drusa (Fig. 6G).

Descrição anatômica das espécies resistentes ao fogo

Inga vera Willd. (Fig. 1D)

Aspectos gerais da casca – Externamente, o súber é de coloração variando do acinzentado ao marrom claro, levemente rugosa por apresentar estrias transversais por toda extensão do caule (Fig. 3A). Lenticelas podem sofrer hipertrofia (Fig. 3B) durante e logo após o período de inundação, em período de seca, as lenticelas ficam imperceptíveis morfologicamente. Internamente, a casca tem coloração marrom escura (Fig. 3C).

Periderme – Súber formado por células tabulares com paredes periclinais suberizadas e lignificadas (Fig. 7D), possui em média 12 camadas de células; há formação de lenticelas a partir de epiderme em caules jovens e hipertrofia em períodos de inundação e o felogênio é constituído por células tabulares de paredes delgadas (Fig. 7F).

Feloderme – Em secção transversal não forma camadas de células no sentido anticlinal. As células do raio contêm compostos fenólicos (Fig. 7E). No córtex, o raio apresenta percurso pouco distinto da sua direcção de origem cambial, porém há dilatação de alguns raios no floema colapsado. A constituição do córtex é de parênquima axial, raio, grandes grupos de esclereídes e pequenos grupos de fibras. Em secção longitudinal as esclereídes e fibras formam uma série contínua (Fig. 7C) no sentido axial.

Floema secundário – Em secção transversal, não forma camadas, apresenta grupos de fibras, envoltas por parênquima axial portando cristais prismáticos, quase formando faixas contínuas, mas por estarem em alturas diferentes acabam não constituindo um contínuo. Os grupos de fibras apresentam de uma até quatro camadas de células periclinalmente. Desde a porção mais interna da casca até o córtex, ocorrem aglomerados de esclereídes e também pequenos grupos de fibras.

Elementos de tubo crivado – Células alongadas, de paredes finas, com áreas crivadas laterais, possui placa crivada composta reticulada (Fig. 7B), oblíqua e possui duas células companheiras por elemento de tubo crivado.

Esclerênquima – No floema, o tipo celular que predomina são as fibras. Estas possuem paredes espessas e fortemente lignificadas; são alongadas longitudinalmente e esféricas em secções transversais, onde no córtex há predomínio de esclereídes em meio aos pequenos grupos de fibras. As esclereídes são células curtas e possuem paredes periclinais e anticlinalis espessas, fortemente lignificadas. Seu formato varia entre células esféricas a estreitas elípticas.

Parênquima – O parênquima axial apresenta células de paredes delgadas de formato esférico em secção transversal. Em secção transversal, ao redor dos grupos de fibras, há bainha parenquimática portando cristais de formato prismático (Fig. 7C). O raio é do tipo não-estratificado (Fig. 7E), heterogêneo formado por células

procumbentes e quadradas; a altura do raio varia de oito a trinta camadas de células e a largura, de duas a oito células. No interior das células do raio, há grande concentração de compostos fenólicos, bem destacadas em secção transversal, assim como no parênquima axial em secção longitudinal.

Inclusões orgânicas – Representado pelos compostos fenólicos presentes nas células dos parênquimas radial e axial, ora com aspecto de fluido, ora em gotículas.

Inclusões inorgânicas – Como cristais prismáticos de oxalato de cálcio nas bainhas parenquimáticas ao redor dos grupos de fibras no floema, em esclereídes do córtex e células não suberizadas.

Ocotea diospyrifolia (Meisn.) Mez (Fig. 1C)

Aspectos gerais da casca – Externamente, o súber tem coloração marrom escura, lisa, em caule jovem há grande concentração de pequenas lenticelas (Fig. 3D), não se observam a mesma quantidade em caule adulto; ocorrem pequenas fissuras longitudinais com profundidade de 1 até 2mm. Internamente a casca é clara (Fig. 3E), mas assim que os conteúdos celulares extravasam, oxidam e trona-se marrom (Fig. 3F).

Periderme – Formada por estratos de células com diferentes formas e tamanho. A porção mais externa desse estrato não forma camadas anticlinais nem periclinais definidas é constituída de células de formato irregular, algumas contendo compostos fenólicos. Apresenta esta arquitetura até o encontro de uma camada única de células fortemente suberizadas. Abaixo desta camada de células suberizadas observam-se aproximadamente seis camadas de esclereídes (Fig. 8F), fortemente lignificadas que se encontram intercaladas com mais uma camada de células suberizadas, subsequentemente mais três camadas de células esclerenquimáticas e em seguida uma

camada de células finas de formato irregular onde se encerra a periderme. O felogênio é formado por células achatadas e de paredes delgadas (Fig. 8F).

Feloderme – Em secção transversal, o tecido floemático não forma camadas de células anticlinais (Fig. 8A), porém são observadas fibras solitárias ou em pequenos grupos de duas a quatro células dispostas anticlinamente em secção transversal; são observados grupos de esclereídes de formato esférico. Na região cortical próxima à periderme encontra-se uma faixa contínua de esclereídes paralela ao eixo cambial. O córtex é constituído de parênquima axial e radial, esclereídes e células secretoras de formato isodiamétrico contendo substâncias lipofílicas (Fig. 8A).

Floema secundário: Células próximas ao câmbio vascular formam camadas. Apresenta apenas fibras na porção colapsada. Estas, quase formam uma faixa contínua contendo de uma a duas camadas de células periclinamente. Algumas fibras são septadas e contem amido em seu interior. Os grupos de esclereídes encontram-se desde a porção do floema colapsado até o córtex. Os raios se desarranjam somente após a metade da região colapsada.

Elementos de tubo crivado – Placa crivada simples (Fig. 8D), de transversal a levemente oblíqua (Fig. 8C), apresenta área crivada lateral (Fig. 8C, 8D), e possui de uma a três células companheiras por elemento de tubo crivado.

Esclerênquima – No floema secundário há predomínio de fibras. Estas se apresentam alongadas, possuem paredes espessas, bem lignificadas e formam uma série contínua em sentido axial. Contudo, desde o floema colapsado até o córtex, observam-se grupos de esclereídes de formato variando de esférica a estreitas elípticas em secção transversal (Fig. 8A) e com formato alongado e espessura irregular em secção longitudinal (Fig. 8E).

Parênquima – O parênquima axial é formado por células de paredes delgadas, de formato esférico em secção transversal e eretas em secção longitudinal. O raio é do tipo não estratificado (Fig. 8B), heterogêneo, formado por células procumbentes e quadradas; a altura do raio varia entre 12 e 30 camadas de células e largura, de duas a quatro células.

Inclusões orgânicas – Representado pelos compostos fenólicos observados em células do súber e amido no interior das fibras septadas.

Inclusões inorgânicas – Não ocorrem cristais.

Triplaris gardneriana Wedd. (Fig. 1E)

Aspectos gerais da casca – Externamente a casca é lisa (Fig. 3G), as últimas camadas de súber se destacam da periderme (Fig. 3H), tem coloração marrom escuro, sendo logo abaixo encontrado outro súber, de cor acinzentada. Em caule jovem há grande concentração de pequenas lenticelas, não visto em caules adultos. Ocorrem pequenas estrias no sentido transversal. Internamente, a casca apresenta coloração marrom (Fig. 3I).

Periderme – Súber (Fig. 9A), formada por no máximo doze camadas de células, tabulares, sendo a terceira camada formada por esclereídes fortemente lignificadas (Fig. 9B), no súber, não há presença de células suberizadas e o felogênio é formado por células achatadas de paredes delgadas (Fig. 9F).

Feloderme – Não forma camadas em sentido anticlinal, não possui arranjo organizado, raios não persistem em sentido regular como no floema. Há agrupamentos em “V” de células do parênquima axial com formato isodiamétrico em secções transversais (Fig. 9A), estas células, assim como em todo córtex, possuem conteúdo ou aglomerados em grânulos, de compostos fenólicos no interior destas células. Ainda em

secção transversal, são observados grupos de fibras, de esclereídes e cristais em formato de drusa, com distribuição aleatória.

Floema secundário – Em secção transversal, camadas são formadas por uma faixa contínua de fibras após o floema não colapsado e início da porção mais interna do floema colapsado, no sentido anticlinal. Em sentido periclinal formam camadas de duas a três células. Quase toda porção do floema colapsado possui raio com direção irregular. Na região colapsada as faixas de fibras tendem a formar contínuos, assim como na porção não colapsada. As drusas estão presentes em ambas regiões quase formando uma série contínua em sentido axial (Fig. 9E). O raio é do tipo não-estratificado, heterogêneo, formado por células procumbentes e quadradas; a altura do raio varia de 6 a 33 camadas de células e a largura de 2 a 4 células.

Elementos de tubo crivado – Células de paredes delgadas, placa crivada simples, transversal, apresenta área crivada lateral, e possui de uma a duas células companheiras por elemento de tubo crivado (Fig. 9D).

Esclerênquima – As fibras presentes no floema são alongadas, possuem paredes espessas e fortemente lignificadas. Em secção radial, estas formam uma série contínua no sentido axial. As esclereídes são células curtas, paredes espessadas e fortemente lignificadas, observadas apenas na região cortical.

Parênquima – Em secção transversal o parênquima axial apresenta células de paredes delgadas, de formato isodiamétrico, a grande maioria porta compostos fenólicos (Fig. 9C, 9E) ou cristais em forma de drusa em seu interior. O raio é formado também, por células de paredes delgadas. Todas as células do raio possuem compostos fenólicos em seu interior, em secções radiais. O raio é do tipo não estratificado (Fig. 9E), homogêneo, formado apenas por células procumbentes, sua altura varia de 6 a 33 camadas de células e sua largura, de 2 a 4 células.

Inclusões orgânicas – Representado pelos compostos fenólicos (Fig. 9C, 9D) com aspecto fluido ou em grânulos e amido principalmente no interior das esclereídes.

Inclusões inorgânicas – Representadas pelos cristais de oxalato de cálcio em forma de drusa (Fig. 9E).

DISCUSSÃO

A análise anatômica da casca das espécies *Albizia inundata* (Fabaceae) *Genipa americana* (Rubiaceae), *Inga vera* (Fabaceae), *Ocotea diospyrifolia* (Lauraceae), *Triplaris gardneriana* (Polygonaceae) e *Vochysia divergens* (Vochysiaceae) corrobora com o descrito nos trabalhos clássicos de Solereder (1908), Metcalfe e Chalk (1950) e Roth (1981) como componentes estruturais das cascas destas famílias.

Os cristais romboides solitários de oxalato de cálcio presentes em células parenquimáticas dispostas ao redor dos grupos de fibras em *A. inundata* e *I. vera*, já haviam sido descrito por Solereder (1908), que acrescenta para ambos gêneros, a presença de um córtex formado pelo acúmulo de células parenquimáticas, que se lignificam posteriormente formando células pétreas, esclereídes de paredes espessadas e altamente lignificadas. Células pétreas foram também encontradas no súber destas duas espécies, característica ressaltada pelo autor. Além disso, as placas crivadas compostas escalariformes nos elementos de tudo crivado dentro de espécies desta subfamília já haviam sido citadas como peculiar por Solereder (1908). Tanto para *A. inundata* quanto para *I. vera*, houve variação da placa crivada, de escalariforme a reticulada. Assim como Metcalfe e Chalk(1950) descreveu para este gênero, não foram observadas fibras septadas em *A. inundata*.

Os anéis formados por esclereídes (único tipo esclerenquimático) com paredes espessadas e lignificadas, paralelos ao eixo do câmbio vascular na região do floema colapsado em secções transversais de *G. americana*, já haviam sido relatado nas descrições de Roth (1981) para a mesma espécie aqui avaliada. Esta autora, afirma que os cristais em formato de drusa encontrados principalmente próximos aos anéis de esclerênquima no floema possuem alto valor diagnóstico para separação sistemática do gênero.

As células secretoras presentes em todas as regiões do floema e também em células corticais de *Ocotea diospyrifolia*, haviam sido descritas por Solereder (1908) e Metcalfe e Chalk (1950), e citadas por (Roth, 1981) como portadora de conteúdo lipofílico em espécies do gênero, sendo aromático e amarelado. Para esta autora, raios do floema multisseriados, esclereídes curtas em secção longitudinal, com paredes espessadas e fortemente lignificadas em todo o floema, são comuns neste gênero.

Em *Triplaris gardneriana*, camadas de esclerênquima circundando o câmbio vascular, corroboram com as descrições realizadas por Metcalfe e Chalk (1950), assim como a grande concentração de compostos fenólicos e cristais, no interior das células do floema citado por Roth (1981) em espécies desta família, corroborando ainda por apresentarem raios multisseriados e periderme suberizada e fina.

Para *Vochysia divergens*, assim como observado por Solereder (1908) ocorrem aglomerados de cristais e aglomerados de esclereídes com paredes espessas e fortemente lignificadas, principalmente na porção do floema colapsado. Roth (1981) afirma que uma característica diagnóstica deste gênero é a presença de muitos cristais distribuídos aleatoriamente, em formato de drusas, por toda região do floema e periderme, além de esclereídes que são o único tipo de células esclerenquimáticas encontradas nas espécies avaliadas por ela. Outra característica marcante para este

gênero é a fragilidade da casca devido à presença de grande grupos de esclereídes (células pétreas) encontrados na região do floema colapsado e córtex.

Apesar de algumas espécies lenhosas terem na espessura da casca um fator determinante para a resistência de espécies ao fator fogo (Lawes et al., 2011), nossos dados demonstraram que esta característica não foi importante para determinar a resistência das espécies, pois os indivíduos não resistentes avaliados neste trabalho apresentaram espessuras das cascas maiores que das espécies resistentes ao fogo. Para Lawes et al. (2011) que correlacionou por meio de experimentos as propriedades térmicas da casca de diversas espécies das Savanas ao Norte da Austrália, várias outras características podem estar associadas à sobrevivência das espécies sujeitas à perturbação do fogo, dentre estas, os caracteres anatômicos.

Propriedades físicas como a gravidade específica, umidade e flamabilidade dos conteúdos internos e outras estruturas físicas das casca, podem influenciar a resistência ao fogo em adição à espessura da casca (Vines, 1968; Hengst e Dawson, 1994; Gignoux et al. 1997). Ferreira e Irgang (1979) chegaram a sugerir que caracteres estruturais tais como idade, altura da planta e espessura da casca superior a cinco centímetros, poderiam estar também associadas à resistência.

A partir de trabalhos ecológicos sobre a sobrevivência de espécies à perturbação do fogo, Bond e Wilgen (1996) abriram questionamentos sobre quais os caracteres fisiológicos, anatômicos e comportamentais, além das características de rebrota pós-fogo, seriam fundamentais e potenciais alvos de outras pesquisas, em concordância com Gill e Ashton (1968), que afirmaram que caracteres da anatomia do floema e periderme, poderiam ser, às vezes, mais importantes que somente a espessura da casca, por si só.

Assim, alguns caracteres que se repetem nas espécies com potencial resistência ao fogo a exemplo da presença de esclerênquima, e a presença e abundância de cristais,

se mostraram como fator de relevância, pois em espécies resistentes estes também se encontravam em série ou quase formando uma série contínua no sentido axial. Além disso, compostos fenólicos marcaram presença também em espécies resistentes. Em análise qualitativa observou-se maior concentração deste composto ao contrário das espécies não resistentes que mesmo a olho nu, percebe-se coloração mais clara da casca interna (floema).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisada a anatomia e histoquímica da casca das seis espécies avaliadas, pode-se afirmar que a espessura não foi um fator determinante para explicar o papel da casca como um mecanismo de resistência ao fogo. Muito claro ficou, que o conjunto de caracteres: abundância de esclerênquima próximo à região do câmbio vascular, presença de cristais no floema e de compostos fenólicos no floema e periderme foram mais significativos para se afirmar que as espécies que possuem essas características em sua casca, tendem a apresentar maior resistência ao fogo, se comparadas a espécies que não possuem esse conjunto de caracteres. Sendo assim, as espécies aqui avaliadas como resistentes ao fogo em áreas ripárias, são sugeridas para recuperação de áreas sujeitas à ação do fogo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A.F. 1987. Plano de Manejo – Reserva Ecológica do Pantanal. ESALQ/USP. Piracicaba, SP.
- Angyalossy-Alfonso, V. & Richter, H.G. 1991. Wood and bark anatomy of *Buchenavia Eichl.* (Combretaceae). *IAWA Bull.* 12:123-141.
- Angyalossy-Alfonso, V. 1983. Caracterização anatômica da madeira e casca das principais espécies de *Eucalyptus* do estado de São Paulo. *Silvicultura*: 28:720-725.
- Angyalossy-Alfonso, V. 1987. Caracterização anatômica da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Hérit cultivadas no Brasil. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Barbosa, A.C.F., Pace, M.R., Witovisk, L. & Angyalossy, V. 2010. A new method to obtain good anatomical slides of heterogeneous plant parts. *I.A.W.A. J.* 31: 373–383.
- Bond, W.J. & Midgley, J.J. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology and Evolution*, 16, 45–51.
- Bond, W.J., Wilgen, B.W. van. 1996. *Fire and plants*. London: Chapman & Hall. 263p. (Population and community biology, 14).
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. 1982. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SE-21 Corumbá e Parte da Folha SE-20. Rio de Janeiro, v. 27.
- Carlquist, S. 1982. The use of ethylenediamine in softening hard plant structures for paraffin sectioning. *Stain Technology* 57: 311-317.
- Evert, R., Esau, K. & Eichhorn, S. 2006. *Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development*.
- Ferreira, A. G. & Irgang, B. E. 1979. Regeneração natural de *Araucaria angustifolia* nos aparados da serra – RS. Campo Grande: Anais da Soc. Botânica do Brasil – XXX Cong. Nac. de Botânica, MS – 21 a 27 jan., PP. 225-230.
- Franklin, L. 1945. Preparation of thin sections synthetic resins and wood. Resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature* 155: 51.
- Frost, P. G. H. & Robertson, F. 1987. The ecological effects of fire in savannas. In: *Determinants of tropical savannas* (ed. Walker, B. H.). *Int. Union Biol. Sci.*, Paris, pp 93-141.

- Gignoux, J., Clobert, J., Menaut, J. C. 1997. Alternative fire resistance strategies in savanna trees. *Oecologia* 110(4): 576–583
- Gill A.M., Ashton, D. H. 1968. The role of bark type in relative tolerance to fire of three central Victorian eucalypts. *Aust J Bot* 16:491–498
- Hengst. G. E., Dawson, J. O. 1994. Bark properties and fire resistance of selected tree species from the central hardwood region of North America. *Can J For Res* 24:688–696
- Higgins, S. I., Bond, W. J. and Trollope, W. S. W. 2000. Fire, resprouting and variability: a recipe for grass-tree coexistence in savanna. *J. Ecol.*, 88, 213-229.
- Jensen, W. A. 1962. *Botanical histochemistry*. San Francisco: H.H. Freeman and Co. 480p
- Johansen, D. A. 1940. *Plant Microtechnique*. New York, Mc Graw-Hill Book Co. 523 p. il.
- Lawes, M. J.; Richards, Anna; Dathe, J. & Midgley, J. J. 2011. Bark thickness determines fire resistance of selected tree species from fire-prone tropical savanna in north Australia. *Plant Ecology*. p.2057-2069.
- Metcalf, C.R. & Chalk, L. 1950. *Anatomy of the dicotyledons*. 2 vols. Clarendon Press, Oxford.
- Nimer, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Brasília: IBGE, Série Rec. Nat. e Meio Ambiente, n. 4. 422 p.
- Pott, A. 2000. Dinâmica da vegetação do Pantanal. In: Cavalcanti, T.C. & Walter, B.M.T. (org.) *Tópicos atuais em Botânica*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Sociedade Botânica do Brasil, p. 172-182.
- Richter, H. G. 1981. Wood and bark anatomy of Lauraceae I. *Aniba Aublet*. *IAWA Bull.* 2:79 - 87.
- Roth, I. 1981. *Structural patterns of tropical barks*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Sass, J.E. 1951. *Botanical microtechnique*. 2nd ed. Iowa: State College Press, 228 p.
- Solereder, H. 1908. *Systematic Anatomy of the Dicotyledons*. Oxford: Clarendon Press.
- Tomazzelo-Filho, M. 1985. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de *Eucalyptus* cultivadas no Brasil. *IPEF* 29:25-36.
- Trockenbrodt, M. & Parameswaran, N. 1986. A contribution to the taxonomy of the genus *Inga* Scop. (Mimosaceae) based on the anatomy of the secondary phloem. *IAWA Bull.* 7:62-71.

Vines, R. G. 1968. Heat transfer through bark, and the resistance of trees to fire. *Aust J Bot* 16(3):499–514.

Tabela 1. Espécies, família, fator de resistência e voucher das espécimes avaliadas na pesquisa.

Espécie	Família/Subfamília	Resistência ao fogo	Número de identificação herbário
<i>Albizia inundata</i> (Mart.) Barneby & J.W. Grimes	Fabaceae - Mimosoideae	Não	36872
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Não	36874
<i>Vochysia divergens</i> Pohl	Vochysiaceae	Não	36875
<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae – Mimosoideae	Sim	36873
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	Sim	36877
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	Polygonaceae	Sim	36876

Tabela 2. Caracteres anatômicos dos componentes celulares da casca comuns às espécies lenhosas ripárias resistentes ou não, ao fogo no Pantanal.

Caracteres/espécie	Não resistentes			Resistentes		
	<i>Albizia inundata</i>	<i>Genipa americana</i>	<i>Vochysia divergens</i>	<i>Inga vera</i>	<i>Ocotea diospyrifolia</i>	<i>Triplaris gardneriana</i>
Esclerênquima próximo ao câmbio	-	-	-	+	+	+
Esclerênquima em série longitudinal	-	-	-	+	+	+
Cristais em série longitudinal	-	-	-	+	-	+
Compostos fenólicos no floema	-	-	-	+	+	+
Compostos fenólicos no P. A.	-	-	-	+	+	+
Compostos fenólicos no raio	-	-	-	+	+	+
Compostos fenólicos periderme	+	-	-	+	+	+

(P.A. = parênquima axial; (-) = ausente; (+) = presente)

Tabela 3. Espessura média seguida de desvio padrão das cascas obtidas para os indivíduos de espécies ripárias resistentes e não resistentes ao fogo.

	Média*/Desvio padrão	Status de resistência ao fogo
<i>Albizia inundata</i>	7,34 ± 0,84	Não resistente
<i>Genipa americana</i>	10,19 ± 0,78	Não resistente
<i>Vochysia divergens</i>	33,4 ± 2,32	Não resistente
<i>Inga vera</i>	5,83 ± 0,64	Resistente
<i>Ocotea diospyrifolia</i>	15,12 ± 1,77	Resistente
<i>Triplaris gardneriana</i>	6,09 ± 1,74	Resistente

*Valores mensurados em milímetros

Tabela 4. Testes histoquímicos realizados com as espécies avaliadas.

Espécie	Ácido clorídrico		Cloreto de zinco iodado		Cloreto férrico		Floroglucinol		Sudan IV	
	Flo.	Per.	Flo.	Per.	Flo.	Per.	Flo.	Per.	Flo.	Per.
<i>Albizia inundata</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Genipa americana</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Vochysia divergens</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Inga vera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ocotea diospyrifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Triplaris gardneriana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Flo.=floema; Per. = periderme; (+) = presença; (-) = ausência

Figura 1. Espécies avaliadas; A, *Albizia inundata*; B, *Genipa americana*; C, *Ocotea diospyrifolia*; D, *Inga vera*; E, *Triplaris gardneriana*; F, *Vochysia divergens*.



Figura 2. Morfologia externa da casca de espécies não-resistentes ao fogo. A, B, C: *Albizia inundata*; A, lenticelas em um caule jovem; B, Porção interna da casca, em destaque o Floema não-colapsado; C, vista de frente em um corte transversal destacando-se xilema e floema não-colapsado. D, E, F: *Genipa americana*; D, destaque das pequenas lenticelas na superfície da periderme; E, Estrias transversais na superfície da casca oriundas de cicatrizes de ramos (seta); F, vista frontal em corte transversal em destaque xilema e floema não-colapsado. G, H, I: *Vochysia divergens*; G, estrias longitudinais (seta) na superfície do súber; H, aspecto geral do súber mostrando onde foram feitas as coletas e coloração interna da casca (seta); I, vista transversal de um corte da casca ilustrando o xilema e floema não colapsado. Barras = 2mm, Floema não-colapsado (*), xilema (X)

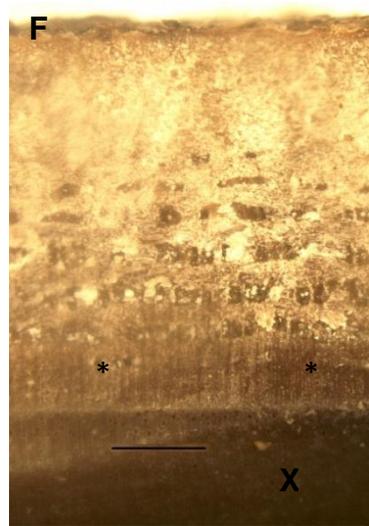
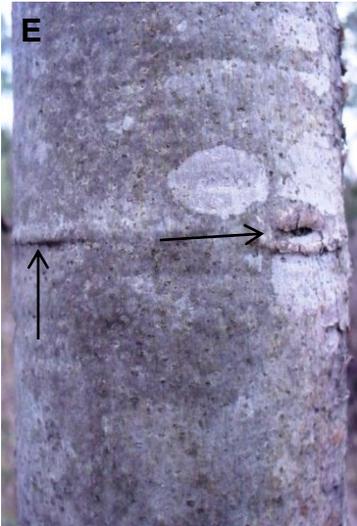
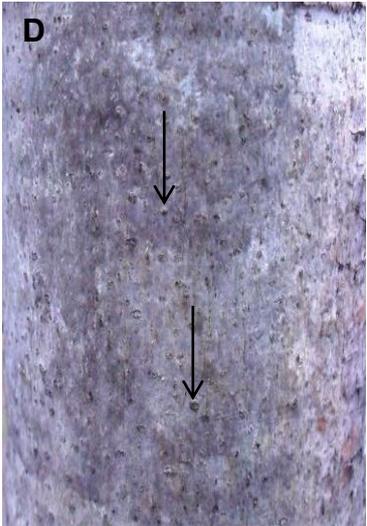
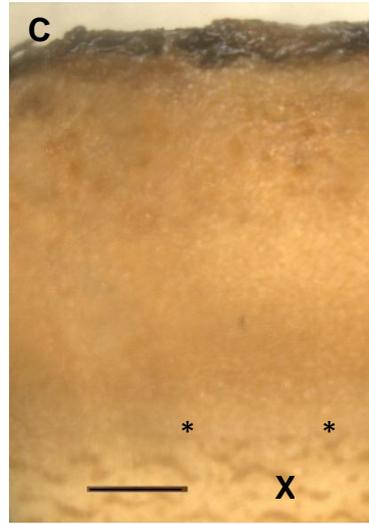


Figura 3. Morfologia externa da periderme de espécies resistentes ao fogo. A, B, C: *Inga vera*; A, Destaque para as estrias transversais (seta) na superfície do súber; B, destaque na hipertrofia de lenticelas (seta); vista em corte transversal destacando a espessura da casca, xilema e floema não-colapsado. D, E, F: *Ocotea diospyrifolia*; D, Pequenas lenticelas na superfície da casca; E, Vista interna, evidenciando o xilema e casca; F, vista em corte transversal destacando, xilema, floema não-colapsado e células secretoras (seta). G, H, I: *Triplaris gardneriana*; G, detalhe das pequenas lenticelas na superfície externa (seta); H, última camada do súber destacando-se da periderme (seta); I, vista de corte transversal destacando a espessura da casca, xilema e floema não-colapsado. Barras = 2mm, xilema (X), floema não-colapsado (*)

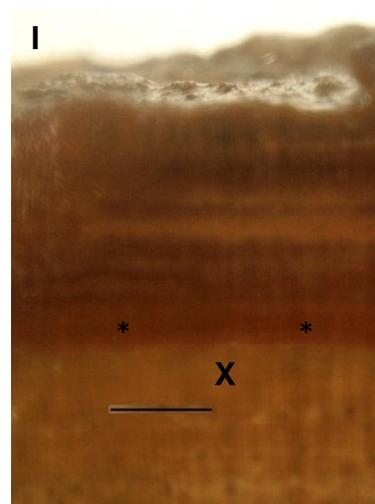
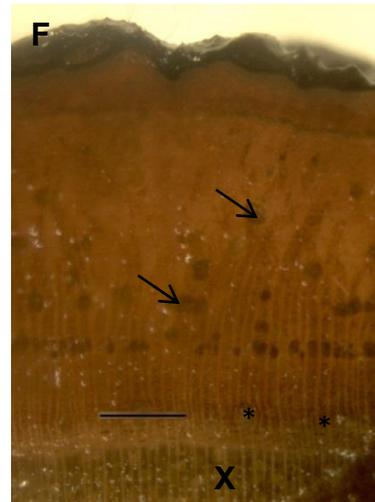
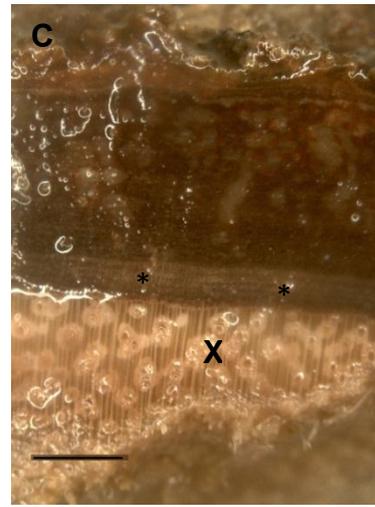
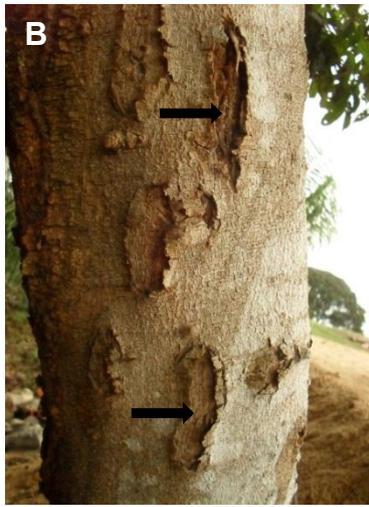
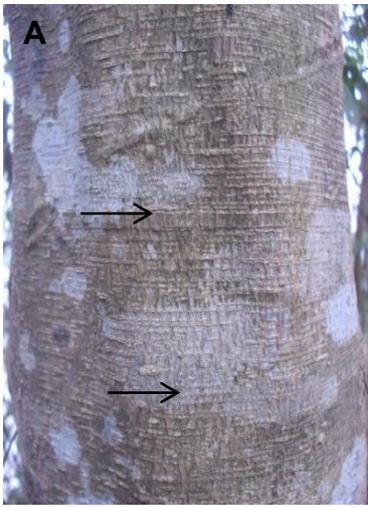


Figura 4. *Albizia inundata*: A, Secção transversal ilustrando a casca desde o cambio até o súber; B, Secção radial ilustrando elemento de tubo crivado com placa crivada composta escalariforme e reticulada (setas grossas) e células companheiras (setas finas); C, Secção tangencial ilustrando o raio (R) do tipo não-estratificado entre os grupos de fibras envoltos por bainha parenquimática portando cristais (seta); D, Secção transversal com teste histoquímico de floroglucinol ilustrando o súber formado por estratos de células com paredes periclinais suberizadas (setas pretas) e por estratos de células com paredes fortemente lignificadas; E, seta evidenciando camada de células do felogênio.

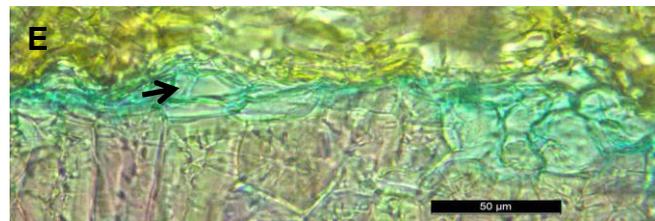
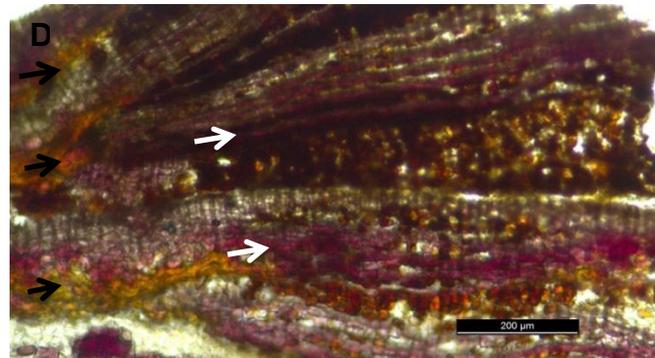
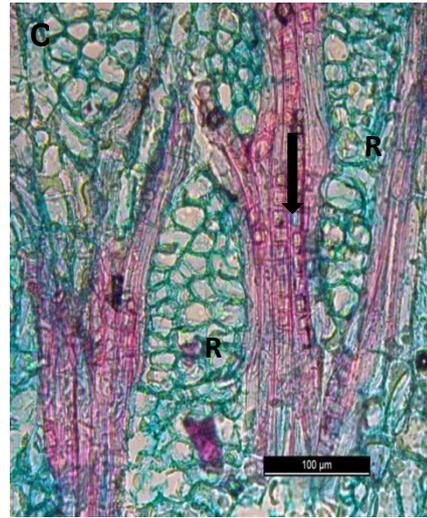
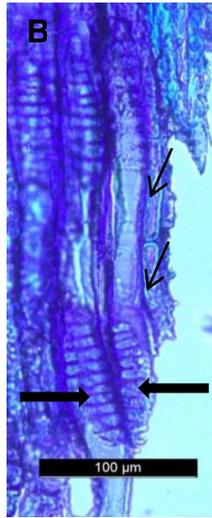
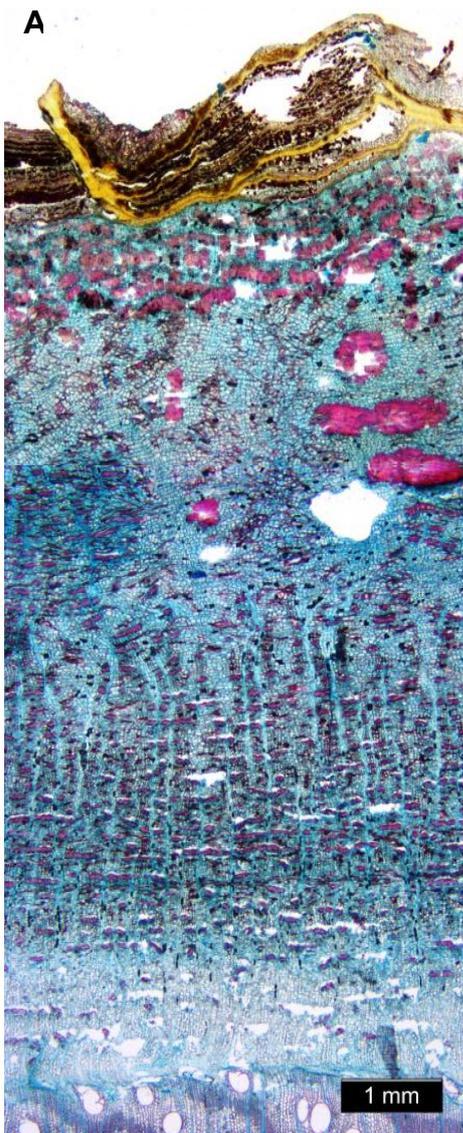


Figura 5. *Genipa americana*: A, Secção transversal ilustrando a casca desde o câmbio vascular até o súber; B, Secção tangencial ilustrando elementos de tubo crivado e placa crivada oblíqua (seta) e o raio parenquimático (R); C, Secção transversal ilustrando grupo formado por células de esclereides fortemente lignificadas; D, Secção transversal do súber com teste de floroglucinol mostrando camadas de células lignificadas (seta grossa); E, Secção transversal do súber com teste de Sudan V identificando suberina e no córtex, cristais em formato de drusa (seta fina); F, camada de células do felogênio (seta).

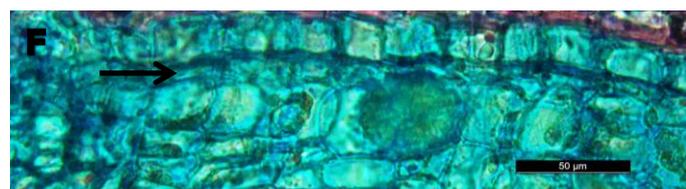
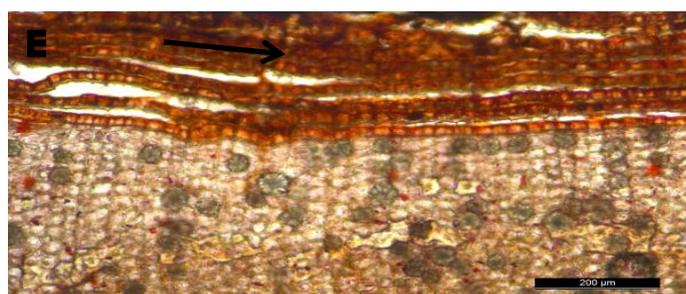
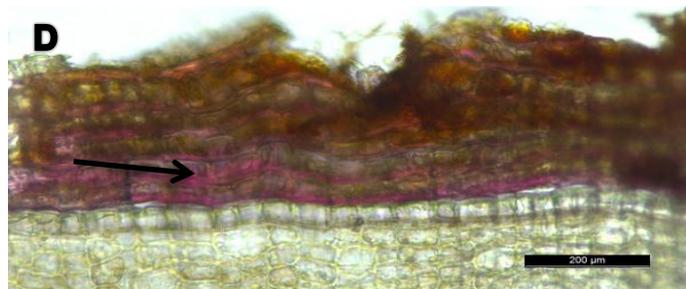
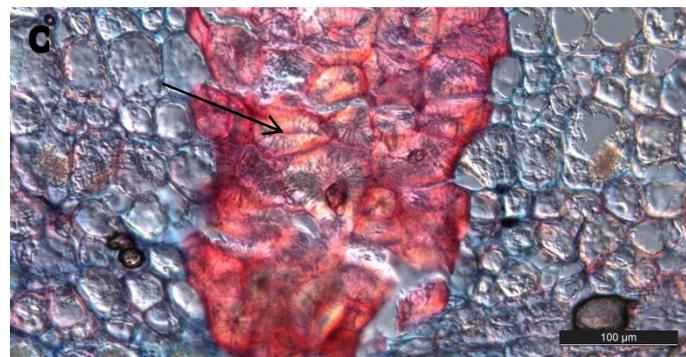
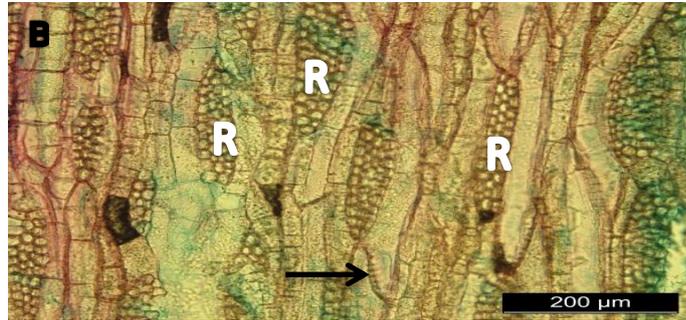


Figura 6. *Vochysia divergens*; A, Secção transversal da casca desde o câmbio vascular até o súber; B; Secção tangencial ilustrando o raio (R) do tipo não-estratificado; C, Elemento de tubo crivado ilustrando a placa crivada composta (seta) obtido por maceração; D, Teste de sudan V identificando camadas subsequentes de células suberizadas (setas) em secção transversal; E, Elemento de tubo crivado ilustrando placa crivada composta (seta fina) e áreas crivadas laterais (setas brancas); F, Grupo de esclereides com paredes fortemente lignificadas (seta) em secção transversal; G, Secção radial ilustrando cristais em forma de drusas (setas); H. Células do felodênio (seta).

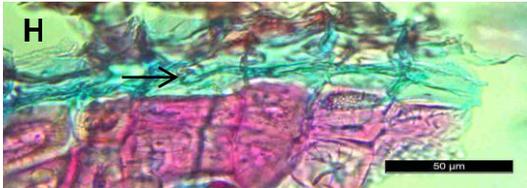
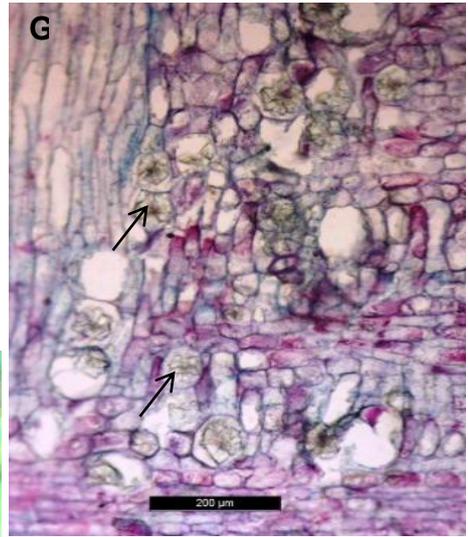
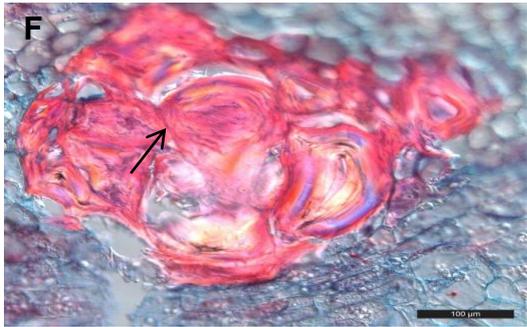
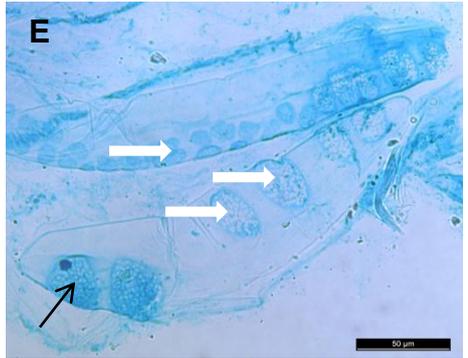
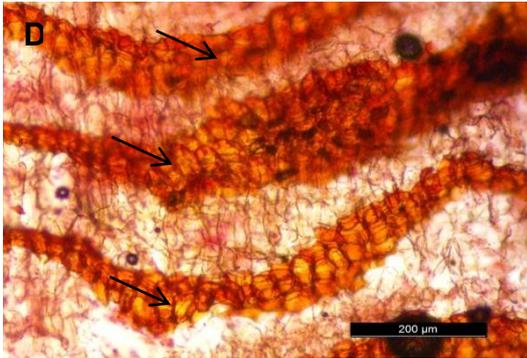
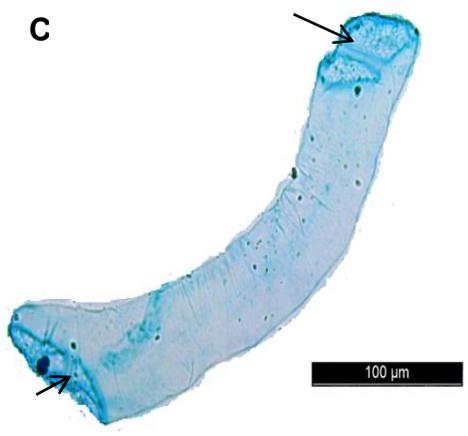
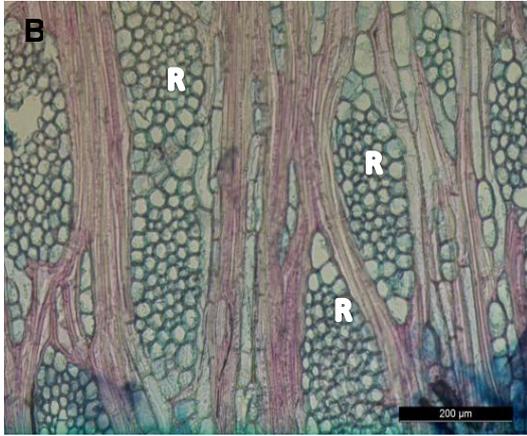
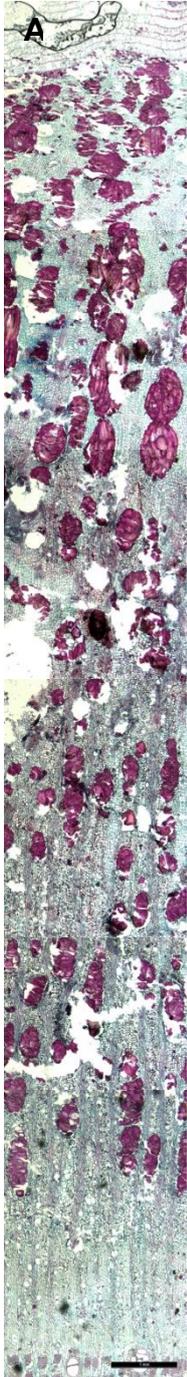


Figura 7. *Inga vera*; A, Secção transversal ilustrando a casca de câmbio vascular até o súber; B, Secção radial ilustrando elementos de tubo crivado com placa crivada composta reticulada (seta branca), área crivada lateral (seta preta grossa) e células companheiras (seta preta fina); C, Secção radial ilustrando fibras (F) em série contínua no sentido axial envoltos por uma bainha parenquimática contendo cristais prismáticos (seta branca) de oxalato de cálcio; D, Secção transversal em teste de floroglucinol ilustrando camadas de células do súber com paredes lignificadas (seta); E, Secção tangencial ilustrando raios (R) do tipo não-estratificado e células contendo compostos fenólicos (seta).

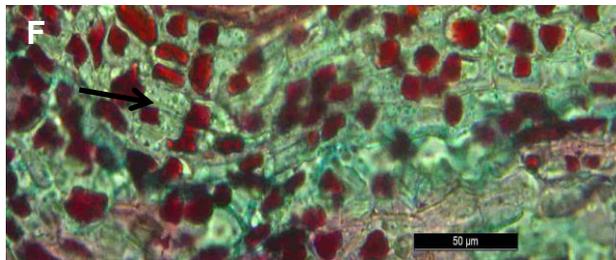
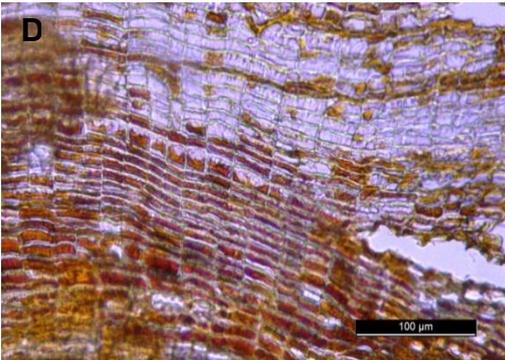
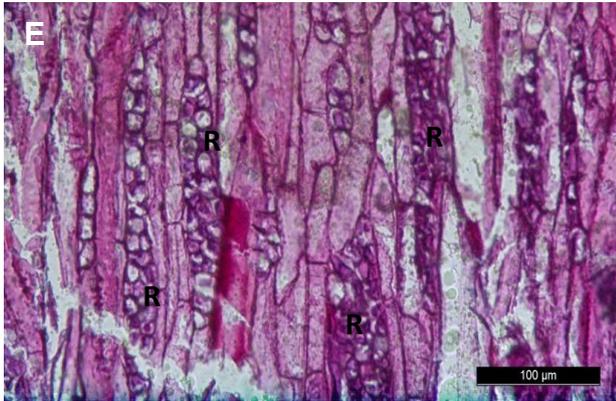
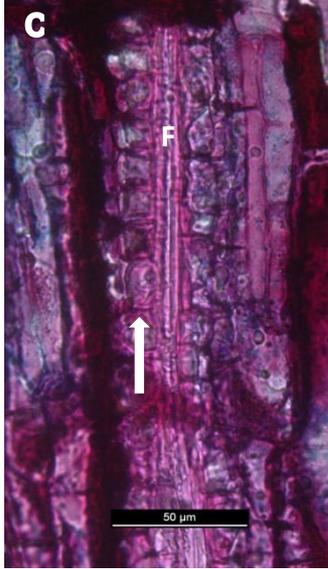
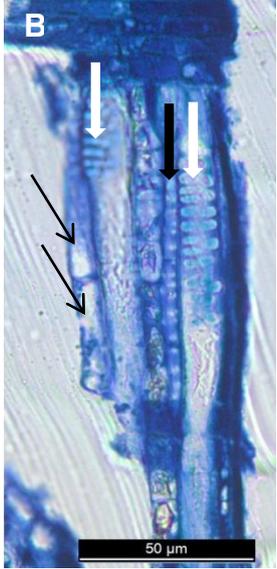


Figura 8. *Ocotea diospyrifolia*; A, Secção transversal ilustrando a casca desde o câmbio vascular até o súber, destacando-se as células secretoras (seta fina) e grupos de esclereides (seta grossa); B, Secção tangencial ilustrando o raio do tipo não-estratificado; C, Elemento de tubo crivado com placa crivada simples (seta grossa) e área crivada lateral (seta fina) obtido por maceração; D, Detalhe das placas crivadas variando de transversal a levemente oblíqua (seta grossa) e área crivada lateral (seta fina) em secção tangencial; E, Esclereide a partir de material macerado ilustrando a variação de formato e espessura em sentido axial; F, Súber em teste de floroglucinol ilustrando as esclereides fortemente lignificadas (seta branca) intercalada com camada de células suberizadas (seta preta), faixa do felogênio (*).

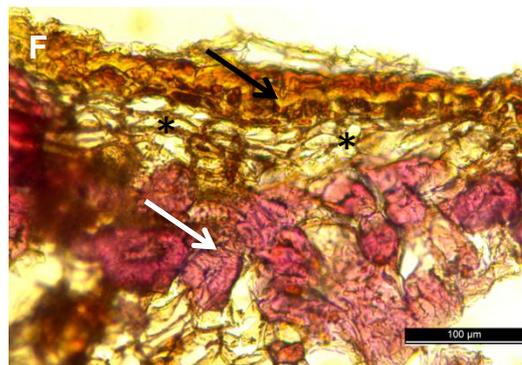
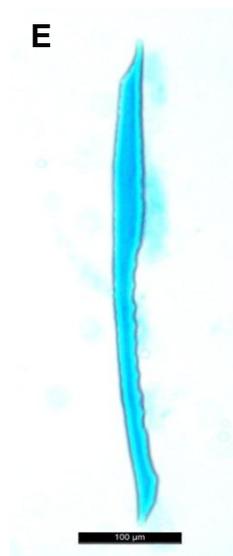
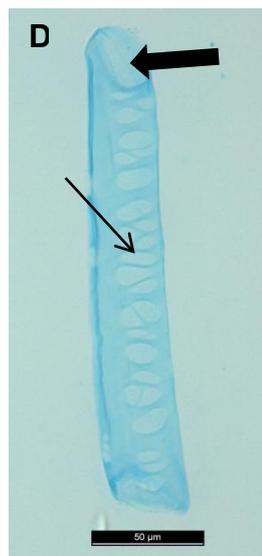
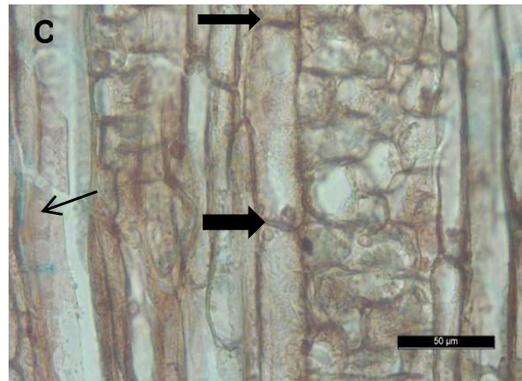
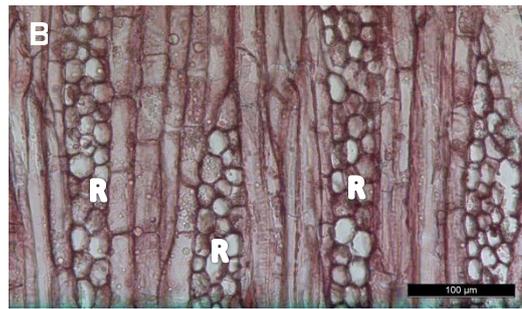
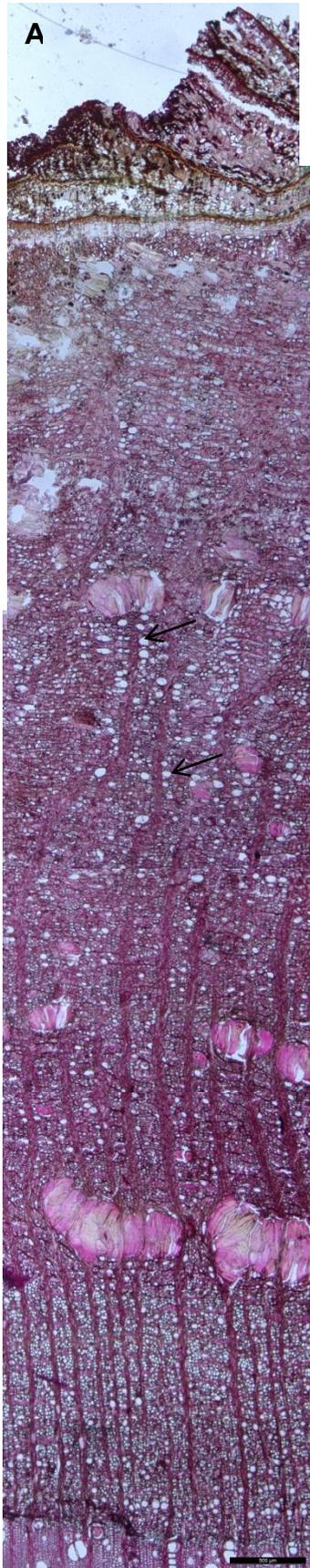


Figura 9. *Triplaris gardneriana*; A, Secção transversal da casca desde o câmbio vascular até o súber, em destaque agrupamentos de células do parênquima axial em formato de “V” (v); B, Secção radial ilustrando elemento de tubo crivado com placa crivada (seta grossa) e células companheiras (setas finas); C, Secção transversal do súber em teste de floroglucinol ilustrando camada de células lignificadas (seta grossa); D, Secção radial ilustrando área crivada lateral (seta fina), cristais em forma de drusa (seta grossa) quase formando uma séria contínua em sentido axial e raio com conteúdo de compostos fenólicos (seta preta); E, Secção tangencial ilustrando o raio (R) do tipo não-estratificado.

