

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

POTENCIAL ADAPTATIVO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS DO CERRADO

Thalissa Cagnin Pereira

Ilha Solteira – SP
Dezembro, 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

POTENCIAL ADAPTATIVO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS DO CERRADO

Thalissa Cagnin Pereira

Prof.^a Dra. Aline Redondo Martins

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Engenharia, Campus de Ilha Solteira,
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, como parte das
exigências para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Ilha Solteira – SP
Dezembro, 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

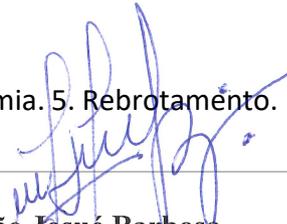
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P436p Pereira, Thalissa Cagnin.
Potencial adaptativo de leguminosas arbóreas do cerrado / Thalissa Cagnin
Pereira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
37 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2021

Orientador: Aline Redondo Martins
Inclui bibliografia

1. Fabaceae. 2. Fogo. 3. Gemas. 4. Morfoanatomia. 5. Rebrotamento.



João Josué Barbosa
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

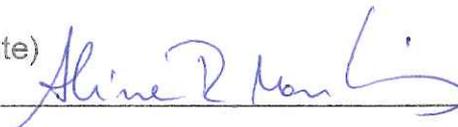
ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**"POTENCIAL ADAPTATIVO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS DO CERRADO"****Thalissa Cagnin Pereira****REGULAMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO:**

Artigo 25º - § 2º A apresentação pública do trabalho de TCC deverá ser de no mínimo 20 (vinte) minutos e máxima de 40 (quarenta) minutos. Após um intervalo de 5 (cinco) minutos, haverá a arguição do Trabalho pelos examinadores. O tempo de arguição, será de até 15 (quinze) minutos para cada examinador, e até 15 (quinze) minutos o tempo para a resposta do(a) aluno(a) a cada examinador ou no caso de se optar pelo diálogo o tempo conjunto entre examinador e acadêmico(a) será de no máximo 30 (trinta) minutos.

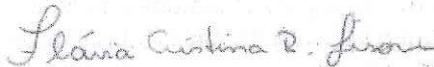
Artigo 24º – No julgamento do TCC, a banca examinadora deverá avaliar a apresentação oral, escrita e a defesa do trabalho durante a arguição. O conceito final será APROVADA ou REPROVADA.

COMISSÃO EXAMINADORA**1ª EXAMINADORA (Orientadora-Presidente)**

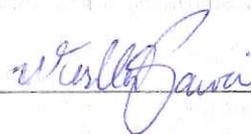
Nome: Profa. Dra. Aline Redondo Martins

**2ª EXAMINADORA**

Nome: Profa. Dra. Flávia Cristina Rodrigues Lisoni

**3º EXAMINADOR**

Nome: Me. Wesller da Silva de Paiva

**CONCEITO** (X) Aprovada () Reprovada

Ilha Solteira-SP, 17 de dezembro de 2021.

Dedico este trabalho à minha mãe, Viviane Cagnin, que sempre foi uma mulher batalhadora e que é a minha maior inspiração de vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha orientadora Prof.^a Dra. Aline Redondo Martins, por todo o carinho, ensinamento e incentivo ao longo destes quatro anos juntas, acreditando em mim quando nem eu mesma acreditava.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo/FAPESP, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica (2020/04378-1) e também pelo Auxílio Financeiro (2018/25832-2)

A minha família, em especial à minha mãe Viviane, meus avós Maria e Antônio, e minha tia Tais, por terem contribuído com a minha educação e formação, sempre com muito carinho, apoio e incentivo para que eu vivesse essa importante fase da minha vida.

Ao meu namorado Rafael, por trazer leveza e amor aos meus dias. Por me ajudar de todas as formas possíveis, sempre com muita paciência e vibrando a cada conquista minha.

Aos colegas do Laboratório de Estudos em Morfologia e Anatomia Vegetal (LEMAV) e do Laboratório de Fisiologia do Metabolismo Vegetal (LFMV) por toda parceria, amizade, ajuda e colaboração desenvolvidas ao longo desses anos.

A comissão examinadora deste trabalho de conclusão de curso, por aceitarem o convite e estarem presentes nesse momento tão especial.

Por último, mas não menos importante, agradeço a esta universidade, todo o corpo docente, técnicos, direção e administração, que oportunizaram a minha graduação em Ciências Biológicas e todas as experiências vivenciadas durante estes cinco anos. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e me ajudaram a chegar até aqui.

RESUMO

A influência do fogo nos ecossistemas e a adaptação das plantas como resposta a esse elemento ainda é pouco compreendida. Entre os ecossistemas brasileiros que são propensos a queimadas periódicas se destaca o Cerrado, bioma complexo e heterogêneo, onde é possível encontrar uma flora bem adaptada. Afim de avaliar as estratégias envolvidas na sobrevivência de plantas após a passagem de fogo, foi realizado um estudo morfonatômico em *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart e *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose, antes e após o fogo, aos 6 e 18 meses. Os experimentos de queima foram conduzidos na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão - UNESP - Ilha Solteira - SP, e posteriormente as plantas foram acompanhadas em casa de vegetação por 8 meses. Para os estudos anatômicos, amostras de folhas, caules e raízes foram fixadas em FAA 70, conservadas em etanol 70%, incluídas em historesina e seccionadas em micrótomo rotativo. Uma parte das lâminas foi corada com azul de toluidina, e, outra parte, foi utilizada para os testes histoquímicos. Todo o material foi fotomicrografado em microscópio óptico. Desde o primeiro mês de acompanhamento, as duas espécies apresentaram rebrota pós-fogo e baixa mortalidade, especialmente aos 18 meses. As duas espécies possuem folhas compostas, e as regiões do caule, colo da raiz e raiz já apresentam estrutura secundária, com periderme como forma de revestimento. Foi observado a presença de gemas, especialmente no colo da raiz, tanto nos indivíduos de controle quanto de pós-fogo, porém não foram verificadas diferenças anatômicas relevantes nessas duas condições. Os testes histoquímicos evidenciaram a presença de amido em ambas as espécies. De acordo com os resultados aqui apresentados, as espécies *A. hassleri* e *S. polyphylla* são resilientes ao fogo, pois possuem capacidade de regeneração, proporcionada essencialmente pelas reservas acumuladas e pela viabilidade de gemas presentes na região do colo da raiz.

Palavras-chave: Fabaceae, fogo, gemas, morfoanatomia, rebrotamento.

ABSTRACT

The influence of fire on ecosystems and the adaptation of plants in response to this element is still poorly understood. Among the Brazilian ecosystems that are prone to periodic fires, the Cerrado stands out, a complex and heterogeneous biome, where it is possible to find a well-adapted flora. In order to evaluate the strategies involved in the survival of plants after fire, a morphoanatomic study was carried out in *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart and *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose, before and after fire, at 6 and 18 months. The burning experiments were carried out at the Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão - UNESP - Ilha Solteira - SP, and then the plants were monitored in a greenhouse for 8 months. For the anatomical studies, samples of leaves, stems and roots were fixed in FAA70, preserved in 70% ethanol, included in historesin and sectioned in a rotating microtome. A part of the slides was stained with toluidine blue, and another part was used for the histochemical tests. All material was photomicrographed under an optical microscope. From the first month of follow-up, both species showed post-fire regrowth and low mortality, especially at 18 months. Both species have compound leaves, and the stem regions, the root crown and the root already present a secondary structure, with periderm as a form of covering. The presence of buds was observed, especially in the root crown, both in control and post-fire individuals, but no relevant anatomical differences were verified in these two conditions. Histochemical tests showed the presence of starch in both species. According to the results here, the species *A. hassleri* and *S. polyphylla* are resistant to fire, as they have the capacity for regeneration, essentially provided by the accumulated reserves and the viability of buds present in the root crown region.

Keywords: Fabaceae, fire, buds, morphoanatomy, regrowth.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
2.	MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.1	Espécies estudadas.....	9
2.2	Desenho experimental e acompanhamento em casa de vegetação.....	9
2.3	Estudos anatômicos e análises histoquímicas.....	9
3.	RESULTADOS	10
3.1	Análises em casa de vegetação.....	10
3.2	Estudos anatômicos.....	12
3.3	Análises histoquímicas.....	20
4.	DISCUSSÃO	27
5.	CONCLUSÃO	30
6.	REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Fabaceae (Leguminosae) é uma família pertencente à ordem Fabales, e se destaca entre as Angiospermas por ser a terceira maior em número de espécies e a segunda em importância econômica (LPWG, 2017). Com ocorrência confirmada em todas as regiões do Brasil, em uma ampla diversidade de habitats, essa família possui 222 gêneros aceitos no país, totalizando 2.248 espécies, sendo 1.541 delas consideradas endêmicas (FLORA DO BRASIL, 2019). No Cerrado, as Leguminosas estão entre as famílias com maior representatividade em número de espécies (FILGUEIRAS 2002; MIRANDA *et al.*, 2002).

Essa família se destaca por possuir plantas de importância alimentícia, como *Arachis* (amendoim), *Cicer* (grão de bico) e *Glycine* (soja); ornamentais, como *Bauhinia* (pata-de-vaca) e *Acacia*; gêneros com extração de madeira de ótima qualidade (*Dalbergia* e *Pterocarpus*); além da extração de gomas e resinas comerciais de determinadas espécies e utilização de algumas outras como forrageiras. Além disso, geralmente apresentam alto metabolismo de nitrogênio e aminoácidos incomuns, presença de taninos, flavonoides e alcaloides, e, às vezes, compostos cianogênicos, além de grãos de amido nos plastídios (JUDD *et al.* 2009).

O fogo é um fator evolutivo muito importante em vários tipos de ecossistemas (BOND & KEELEY, 2005; LAMONT & HE, 2017). Está presente influenciando a vegetação desde o surgimento das plantas terrestres, há cerca de 540 milhões de anos (PAUSAS & KEELEY, 2009). A relação fogo e vegetação é dependente e dinâmica em ecossistemas inflamáveis, estando relacionado com a disponibilidade de material combustível e inflamabilidade (WHELAN, 1995). A composição e estrutura das comunidades vegetais estão relacionados ao regime de fogo, ou seja, sua frequência, duração, intensidade, penetração da temperatura, e severidade (WHELAN, 1995; BOND & WILGEN, 1996).

Grande parte das espécies do Cerrado caracterizam-se por apresentarem alto poder gemífero, que permitem a rebrota pós-fogo do mesmo indivíduo da espécie (WHELAN, 1995; PAUSAS *et al.* 2004; VESK & WESTOBY, 2004). As gemas podem estar protegidas pela casca, na maioria em espécies arbóreas, o que confere proteção das gemas e uma persistência da espécie propensa a passagem do fogo (BURROWS *et al.* 2010; CHARLES-DOMINIQUE *et al.* 2015). Além disso, essas

plantas rebrotadoras possuem órgãos subterrâneos lignificados e espessos, também com uma grande quantidade de gemas e podem apresentar reservas energéticas, como carboidratos, para beneficiar a rebrota (RIZZINI & HERINGER, 1961; APPEZZATO-DA-GLÓRIA & ESTELITA, 2000; VERDAGUER & OJEDA, 2002).

Segundo Nascimento (2001), o Cerrado é o segundo maior complexo vegetal da América do Sul, ocupando uma área de mais de 2 milhões de quilômetros quadrados, além de comportar a maior diversidade do continente em termos de espécies endêmicas. Diversas fitofisionomias são encontradas nesse bioma, como campos rupestres e campos limpos, que não apresentam árvores em sua área, com predomínios de espécies herbáceas; campos sujos, campos cerrados e cerrados *stricto sensu*, que são formações savânicas, com árvores e arbustos espalhados em uma camada de gramíneas; e cerradão, mata ciliar, mata de galeria e mata seca, compostos por formações florestais, relativamente densas com predomínio de espécies de porte arbóreo e formação de dossel por vezes contínuo ou descontínuo (COUTINHO 1978; RIBEIRO & WALTER 1998).

O fogo é um importante fator ecológico e evolutivo nesse ecossistema (SIMON *et al.* 2009), sendo que a maior parte da flora do Cerrado é de espécies adaptadas ao fogo, envolvendo não apenas tolerância a ele, mas também dependência desse elemento (COUTINHO, 1990). Segundo Oliveira-Filho e Ratter (2002), a flora lenhosa do Cerrado tem características típicas de vegetação que sofre queimadas periódicas, tais como: troncos e ramos tortuosos; súber espesso; macrofilia; esclerofilia; árvores com ramificações escassas; folhas concentradas nas pontas dos ramos; fenologias de floração e frutificação especializadas (SIMON *et al.* 2009); e grande investimento em estruturas de reservas de carboidratos e nutrientes (HOFFMANN & MOREIRA, 2002).

Dessa forma, deve-se considerar que o fogo faz parte da ecologia do Cerrado (COUTINHO,1990), e pode causar impacto suficiente para afetar a dinâmica das populações de plantas, como sobrevivência, crescimento, estabelecimento de plântulas e reprodução sexual e vegetativa (HOFFMANN & MOREIRA, 2002).

Para a realização deste trabalho, foram selecionadas duas espécies presentes no Cerrado. A primeira espécie é *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart, popularmente conhecida como farinha-seca, que pertence à subfamília Mimosoideae. Ela tem ocorrência em São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais

e Goiás, na floresta semidecídua da bacia do Paraná (LORENZI, 1992). É uma espécie arbórea madeireira, podendo atingir cerca de 20 m de altura e 60 cm de diâmetro. Conta com folhas compostas pinadas e é uma planta pioneira de rápido crescimento, excelente para a recomposição de áreas degradadas de preservação permanente, além de poder ser usada na arborização de praças públicas e grandes jardins (LORENZI, 1992).

A segunda espécie é *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose, que também pertence à subfamília Mimosoiadeae, sendo conhecida na cultura popular como monjoleiro. Ocorre da região amazônica até o Paraná, na floresta latifoliada semidecídua (LORENZI, 1992). É uma planta espinhenta, com folhas compostas bipinadas, também atingindo cerca de 20 m de altura e 60 cm de diâmetro. É uma árvore frondosa, além de ornamental quando com flor, ideal para arborização urbana (LORENZI, 1992). É considerada como rústica e pioneira, indicada para projetos de recuperação de áreas degradadas, apicultura e fins madeireiros (CARVALHO, 2008). Ambas as espécies utilizadas aqui possuem potencial medicinal.

Haja vista o grande número de espécies de leguminosas, a análise tradicional de órgãos vegetativos não é suficiente para solucionar problemas taxonômicos e filogenéticos que venham a surgir. Assim, faz-se necessário o estudo de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens, que ajudam no conhecimento dessas espécies (OLIVEIRA, 2001). O período juvenil é um dos pontos mais críticos do ciclo de vida de muitas espécies, pois pode levar a sua extinção a longo prazo, caso não haja sucesso nessa fase (AMO-RODRÍGUEZ & GÓMEZ-POMPA, 1976).

Com base no exposto acima, este trabalho teve o objetivo de analisar as diferentes estratégias de regeneração de duas espécies lenhosas de Fabaceae, aos 6 e 18 meses de idade, através de avaliação morfológica e anatômica de atributos relacionados a respostas ao fogo em estágios iniciais. Desse modo, foi avaliada a rebrota por espécie, além de ter sido feita uma análise e descrição anatômica nas regiões da folha, caule e raiz (estes dois últimos, com uma comparação entre a condição controle e após a queima), e foram identificadas o tipo de reserva de cada espécie.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Espécies estudadas

As mudas de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart e *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose foram cedidas pela CESP (Companhia Energética de São Paulo) e cultivadas em casa de vegetação na UNESP/FEIS. Para obtenção de melhores resultados, foram avaliados espécimes de 6 e 18 meses, idades nas quais elas foram queimadas.

2.2. Desenho experimental e acompanhamento em casa de vegetação

O experimento de queima foi realizado em 2018. Seis indivíduos de cada espécie foram enterrados com 1 m de distância entre si em campo em três parcelas de queimadas experimentais (17 x 17 m), em um delineamento em blocos casualizados. Foi adicionado material combustível (gramínea coletada em áreas vizinhas) em cada parcela até alcançar a quantidade de 600 g/m², de acordo com Rissi, *et al.* (2017). As parcelas foram queimadas separadamente a fim de manter a independência entre as réplicas, e ao redor de cada uma foram feitos aceiros de 4 m de largura para evitar que o fogo se espalhasse.

O experimento de fogo foi realizado com auxílio da brigada local, na direção do vento ('headfire') (WHELAN, 1995). Após o fogo, as plantas foram retiradas do campo e foram acompanhadas em casa de vegetação por 8 meses, a fim de verificar sua capacidade de sobrevivência e/ou rebrote após o distúrbio. Plântulas/plantas jovens não queimadas, com as respectivas idades, foram mantidas também sob cultivo nas mesmas condições como controle à queima experimental. As seguintes variáveis: posição e número de ramos novos, altura, número de plantas com brotos e número de plantas que sobreviveram e morreram foram medidas após 1, 3 e 6 meses de acompanhamento das espécies em casa de vegetação.

2.3. Estudos anatômicos e análises histoquímicas

Três indivíduos de cada espécie tiveram caule e raiz analisados anatomicamente, antes e após experimento com fogo, além das folhas da condição controle. O material vegetativo foi fixado em FAA70 (JOHANSEN, 1940) e posteriormente desidratado e estocado em álcool 70%. As amostras foram

desidratadas em série etílica, incluídas em hidróxi-etil-metacrilato (Leica Historesin) e os blocos obtidos seccionados a 8-10 micrômetros de espessura em micrótomo rotativo. Algumas lâminas foram coradas com azul de toluidina 0,05% em tampão fosfato e ácido cítrico pH 4,5 (SAKAI, 1973) e montadas em resina sintética "Entellan".

Nas lâminas restantes realizaram-se os testes histoquímicos, sendo que a presença de compostos fenólicos foi visualizada pelo emprego de cloreto férrico (JOHANSEN, 1940); a presença de amido foi verificada pelo lugol (BERLYN & MIKSCHE, 1976); a presença de substâncias lipídicas pelo emprego de Sudan IV (JENSEN, 1962), as proteínas foram evidenciadas pelo xylidine Ponceau (O'BRIEN & MCCULLY, 1981); e as substâncias pécticas pelo vermelho de rutênio (JOHANSEN, 1940).

As fotomicrografias dos materiais preparados em lâminas foram feitas em fotomicroscópio (microscópio Zeiss Primo Star com câmara acoplada modelo AxioCam ERc5s), com as escalas micrométricas fotografadas e ampliadas nas mesmas condições ópticas que foram utilizadas.

3. RESULTADOS

3.1. Análises em casa de vegetação

Desde o primeiro mês, as duas espécies apresentaram rebrota pós-fogo, nas duas idades, como pode ser visto nos gráficos 1 e 2. Em *A. hassleri* o número de indivíduos com brotos aos 6 meses de idade foi crescente ao longo dos três meses em que houveram as contagens, e para *S. polyphylla* houve crescimento apenas entre o primeiro e o terceiro mês, com o valor de 2,7 indivíduos (média) se mantendo constante entre o terceiro e o sexto mês de análise (Gráfico 1). Já aos 18 meses, em *A. hassleri* o número de plantas com brotos foi menor apenas no primeiro mês, com uma média de 5,3 indivíduos, e 5,7 nos meses seguintes. Para *S. polyphylla*, esse número foi crescente, variando entre 4,3 indivíduos (primeiro mês) e 6 (último mês de análise), como se observa no gráfico 2.

Nas duas espécies, em ambas as idades, o número médio de brotos nas plantas diminuiu ao longo dos meses (Gráficos 3 e 4), exceto em *S. polyphylla* aos

18 meses, onde a contagem aos 3 meses foi maior do que no primeiro e no sexto mês. Ao final dos 8 meses de acompanhamento na casa de vegetação, o maior broto de *A. hassleri* possuía 65,5 cm aos 6 meses e 41,9 cm aos 18 meses, e o maior de *S. polyphylla* possuía 48,3 cm e 40,7 cm para 6 e 18 meses, respectivamente. Em relação à posição dos brotos, *S. polyphylla* apresentou todos os brotos se originando da base do caule, na região denominada colo, já *A. hassleri* apresentou brotos se originando tanto da base quanto da porção subterrânea.

Aos 6 meses de idade, a mortalidade foi de 22,2% e 55,5% para *A. hassleri* e *S. polyphylla*, respectivamente, enquanto que aos 18 meses foi de 5,5% e 0%, respectivamente.

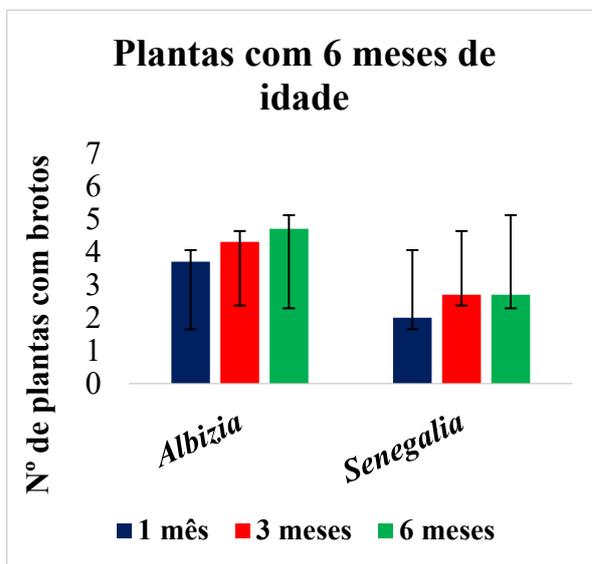


Gráfico 1. Número de plantas com brotos em indivíduos de 6 meses de idade de *Albizia hassleri* e *Senegalia polyphylla*, nos três meses de análises.

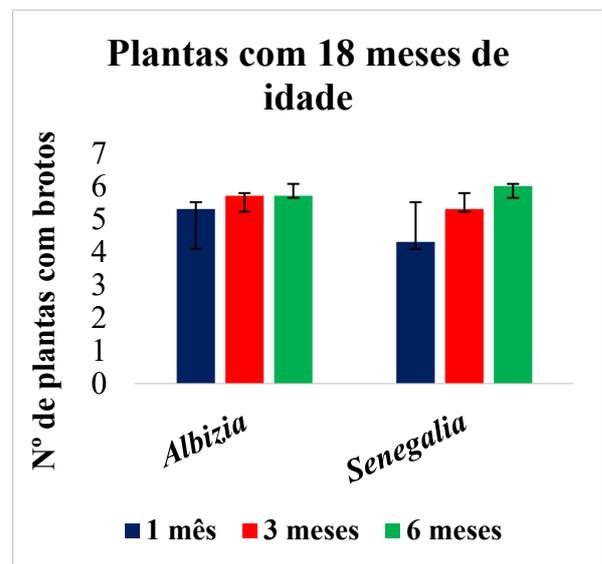


Gráfico 2. Número de plantas com brotos em indivíduos de 18 meses de idade de *Albizia hassleri* e *Senegalia polyphylla*, nos três meses de análises.

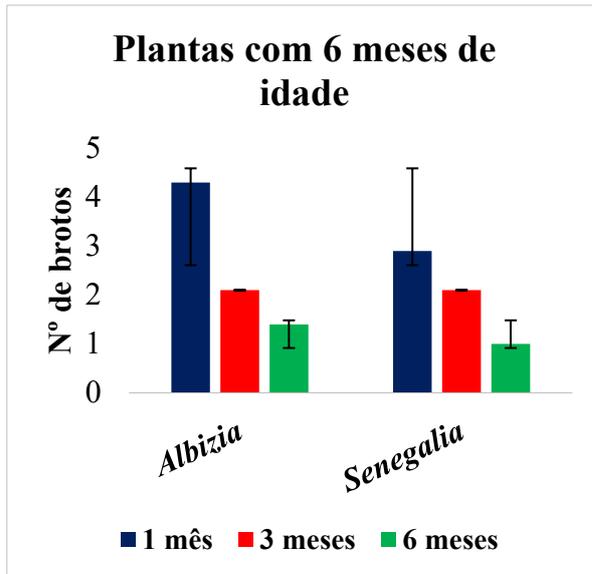


Gráfico 3. Número de brotos em indivíduos de 6 meses de idade de *Albizia hassleri* e *Senegalia polyphylla*, nos três meses de análises.

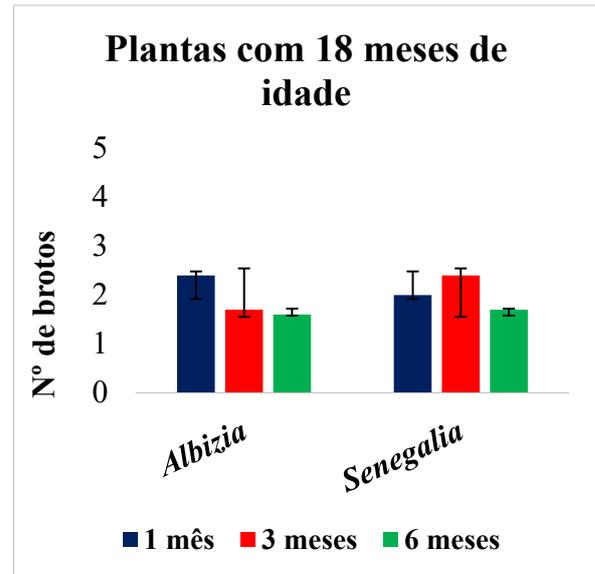


Gráfico 4. Número de brotos em indivíduos de 6 meses de idade de *Albizia hassleri* e *Senegalia polyphylla*, nos três meses de análises.

3.2. Estudos anatômicos

Em *A. hassleri*, aos 6 meses de idade, na região caulinar, já é possível observar a periderme como forma de revestimento. A região da base do caule também apresenta estrutura secundária. Sendo assim, observa-se o floema secundário na figura 1A, apresentando alguns grupos de fibras. A presença do xilema secundário pode ser verificada na figura 1B, apresentando elementos de vaso isolados, grande número de fibras e células parenquimáticas (parênquima axial), as quais armazenam amido. Numa região mais abaixo, chamada de colo da raiz, (Figura 1C) é possível observar a presença de uma gema. A periderme também está presente, assim como os tecidos vasculares secundários, e a medula já apresenta menor diâmetro (Figura 1D).

A estrutura da raiz também apresenta crescimento secundário, com periderme, floema e xilema secundários (Figura 1E). Na figura 1F é possível observar, além da ausência de medula (região central ocupada por xilema primário), que o xilema secundário apresenta alguns elementos de vaso obliterados e/ou interrompidos por gomas ou resinas secretas por essa espécie.

As folhas de *A. hassleri* são compostas, e na figura 1G é possível observar a

anatomia de um foliólulo. Ele apresenta epiderme unisseriada, com mesofilo dorsiventral e feixe vascular colateral.

Aos 18 meses, o revestimento do caule de *A. hassleri* continua sendo pela periderme (Figura 2A), porém nessa fase ela já está mais desenvolvida do que quando comparada à idade de 6 meses. Houve também uma expansão do floema e xilema secundários (Figuras 2 A-B). Nas figuras 2C-D, que mostram a região do colo da raiz (entre o caule e a raiz), é possível observar a presença de uma gema. Ela se encontra próxima ao floema secundário e é protegida pela periderme. Ainda nesta região, é possível verificar um aumento de elementos de vaso obliterados (Figura 2E).

Para as raízes (Figura 2F-G) a descrição é a mesma que aos 6 meses de idade, com a periderme como forma de revestimento e a ausência de medula, apenas com xilema primário na região central, porém de maneira mais definida do que na idade mais jovem. A folha também possui as mesmas características da idade anterior (Figura 2H).

No colo da raiz de *S. polyphylla*, aos 6 meses de idade, é possível verificar uma periderme mais desenvolvida do que em *A. hassleri*, quando nesta mesma condição (Figura 3A). Também é possível observar floema e xilema secundários e medula bem desenvolvida (Figuras 3A-C). Ainda nesta região, verifica-se a presença de gemas, que podem ser vistas na figura 3B, protegidas pela periderme. A raiz (Figuras 3D-E) apresenta periderme, floema e xilema secundários, com fibras e elementos de vaso bem evidentes. As folhas de *S. polyphylla* também são compostas, e o foliólulo (Figura 3F) apresenta epiderme unisseriada, com mesofilo dorsiventral e feixe vascular do tipo colateral.

Assim como foi observado aos 6 meses de idade, aos 18 meses, o colo da raiz de *S. polyphylla* também apresenta uma periderme bem desenvolvida, floema e xilema secundários (Figuras 4A-B), além de ramificações, lembrando uma auto-enxertia (Figura 4B) e medula bem desenvolvida (Figura 4C). A região da raiz, que pode ser verificada nas figuras 4D-E apresenta periderme e floema e xilema secundários, com elementos de vaso bem distribuídos, sendo que aos 6 meses estes se apresentavam de maneira mais agrupada. Aqui, as folhas também apresentam as mesmas características da idade anterior (Figura 4F).

Quando analisados os indivíduos pós-fogo de *A. hassleri*, em ambas as idades, observa-se um certo grau de modificação no colo da raiz. Aos 6 meses de idade, a diferença entre os tratamentos controle e queimado foi que, na região da base caulinar/colo da raiz, foram observadas ramificações (Figura 5A-C). Nas raízes, ambos os tratamentos possuem crescimento secundário, mas não foram observadas diferenças notáveis entre eles.

Para os indivíduos de 18 meses, a anatomia do colo da raiz segue a mesma descrição do tratamento controle, não havendo grande diferença entre o controle e os indivíduos pós-fogo (Figuras 5D-E). Como é possível visualizar na figura 5E, a lignificação da região central do xilema secundário é bem evidente. As raízes de *A. hassleri* com 18 meses também não mostraram diferenças notáveis (Figura 5F).

Em *S. polyphylla*, aos 6 meses de idade, nenhuma das duas regiões analisadas na condição pós-fogo apresentaram diferenças expressivas quando comparadas aos indivíduos controle, porém observa-se grande quantidade de gemas no colo da raiz (Figuras 5G-H). Aos 18 meses, as descrições anatômicas também são as mesmas. No colo da raiz também se observa a presença de gemas (Figura 5I), que apesar de não terem sido visualizadas nos cortes dos indivíduos controles dessa idade, também estão presentes neles. Na raiz, ilustrada nas figuras 5J-K, foi observada uma maior evidência dos raios parenquimáticos, constituídos por uma única camada de células.

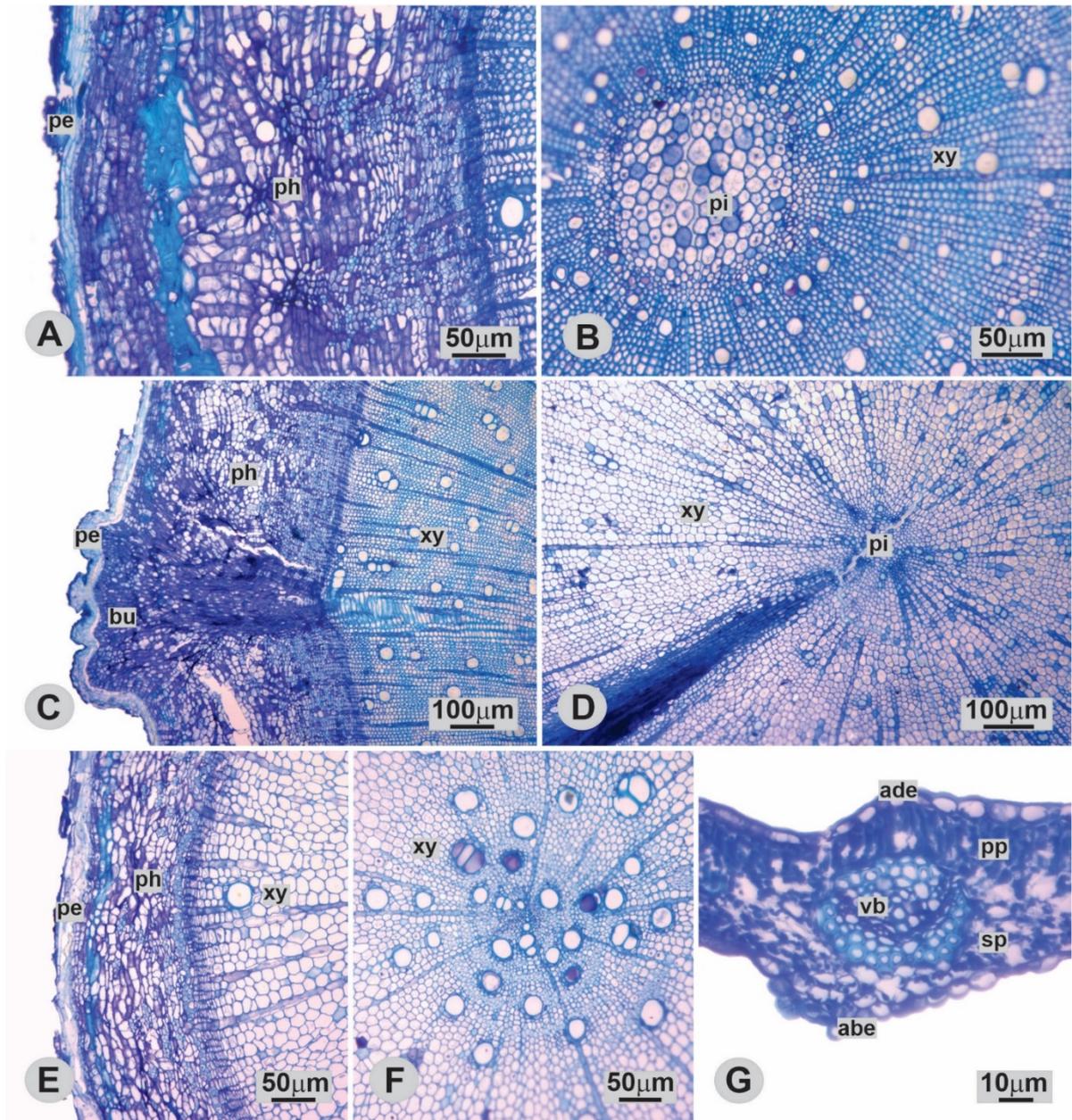


Figura 1. Secções transversais em *Albizia hassleri* com 6 meses de idade. **A, B:** caule. **C, D:** colo da raiz. **E, F:** raiz. **G:** foliólulo. Legenda: pe: periderme; ph: floema; xy: xilema; pi: medula; bu: gema; abe: epiderme abaxial; ade: epiderme adaxial; vb: feixe vascular; pp: parênquima paliçádico; sp: parênquima lacunoso.

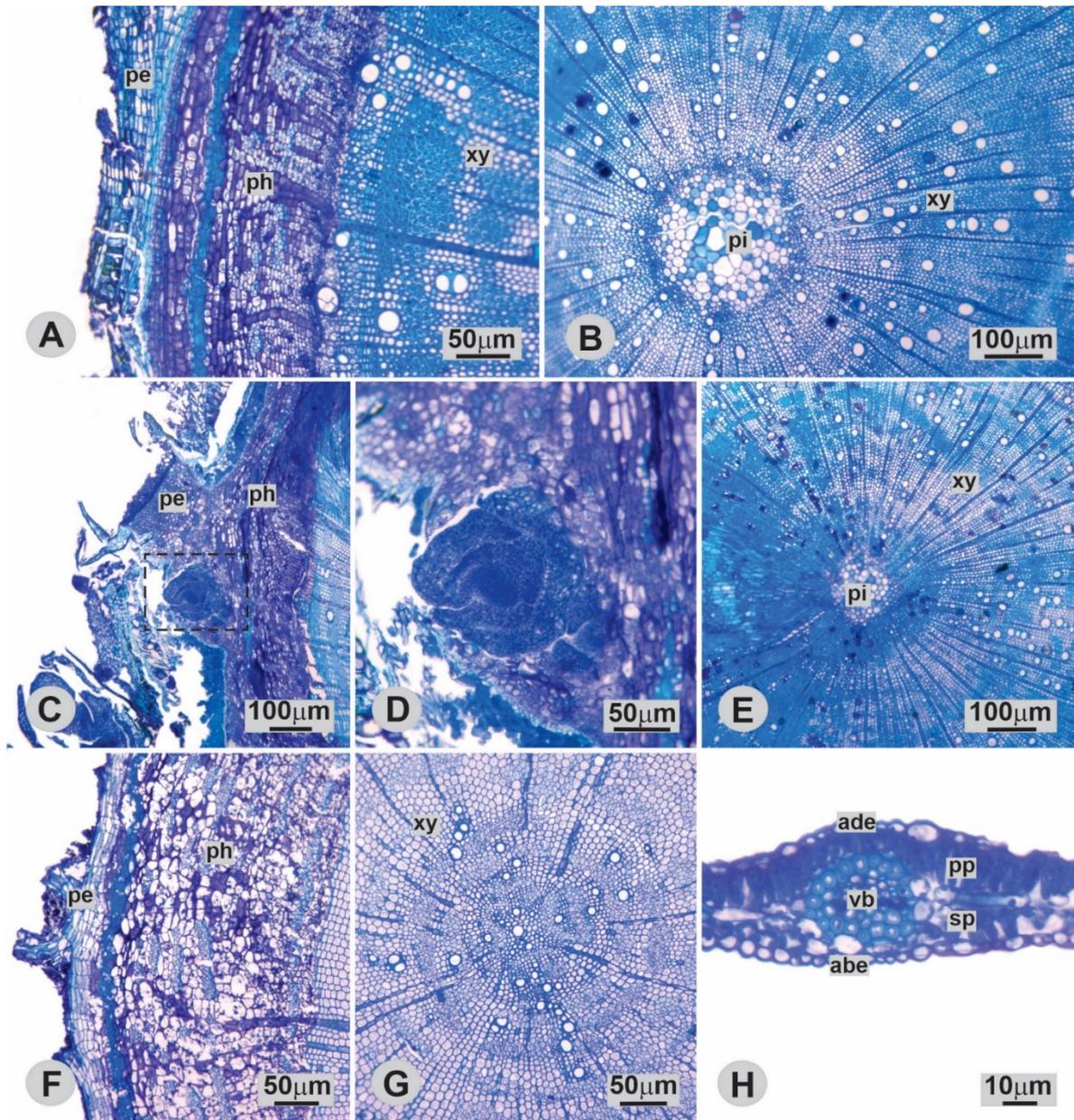


Figura 2. Secções transversais em *Albizia hassleri* com 18 meses de idade. **A, B:** caule. **C-E:** colo da raiz, com gema em evidência (**D**). **F, G:** raiz. **H:** foliólulo. Legenda: pe: periderme; ph: floema; xy: xilema; pi: medula; abe: epiderme abaxial; ade: epiderme adaxial; vb: feixe vascular; pp: parênquima paliçádico; sp: parênquima lacunoso.

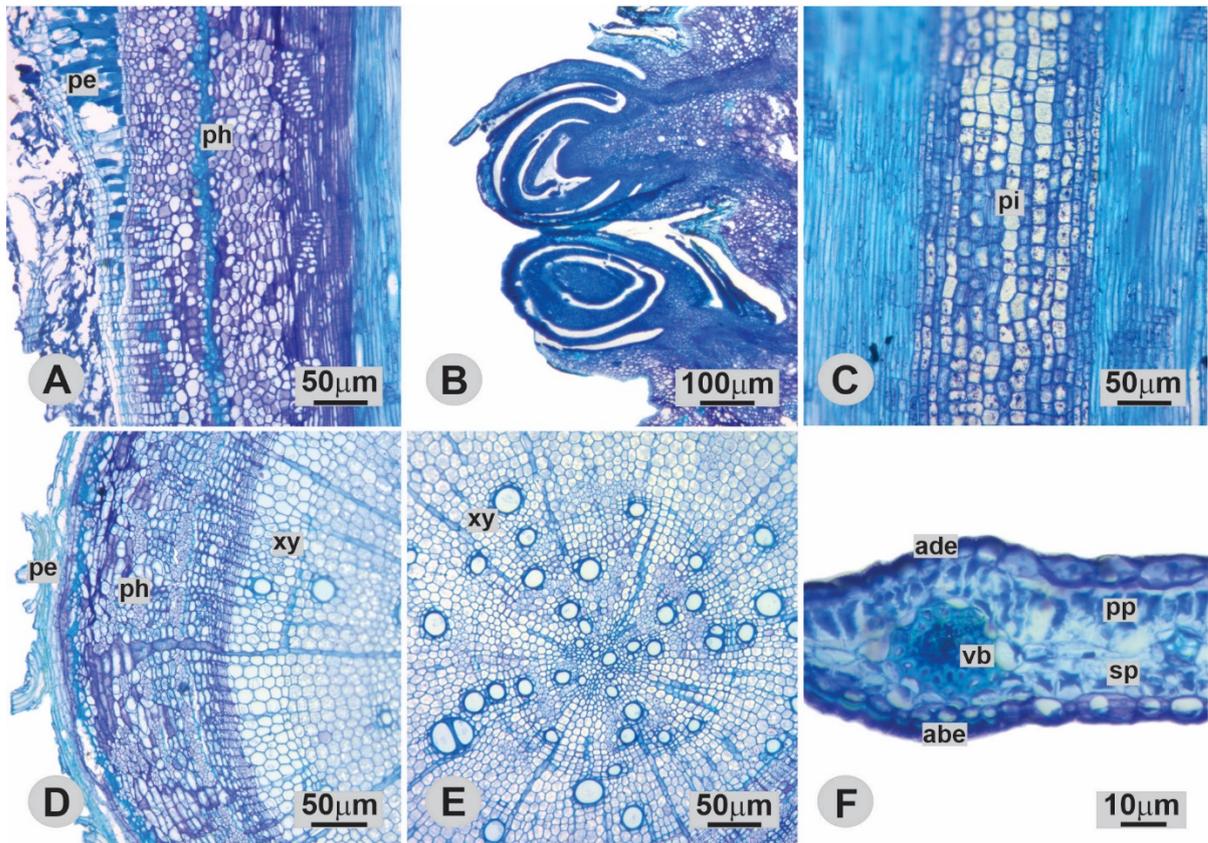


Figura 3. Secções longitudinais (A-C) e transversais (D-F) em *Senegalia polyphylla* com 6 meses de idade. **A, B, C:** colo da raiz, com gemas em evidência (**B**). **D-E:** raiz. **F:** foliólulo. Legenda: pe: periderme; ph: floema; xy: xilema; pi: medula; abe: epiderme abaxial; ade: epiderme adaxial; vb: feixe vascular; pp: parênquima paliçádico; sp: parênquima lacunoso.

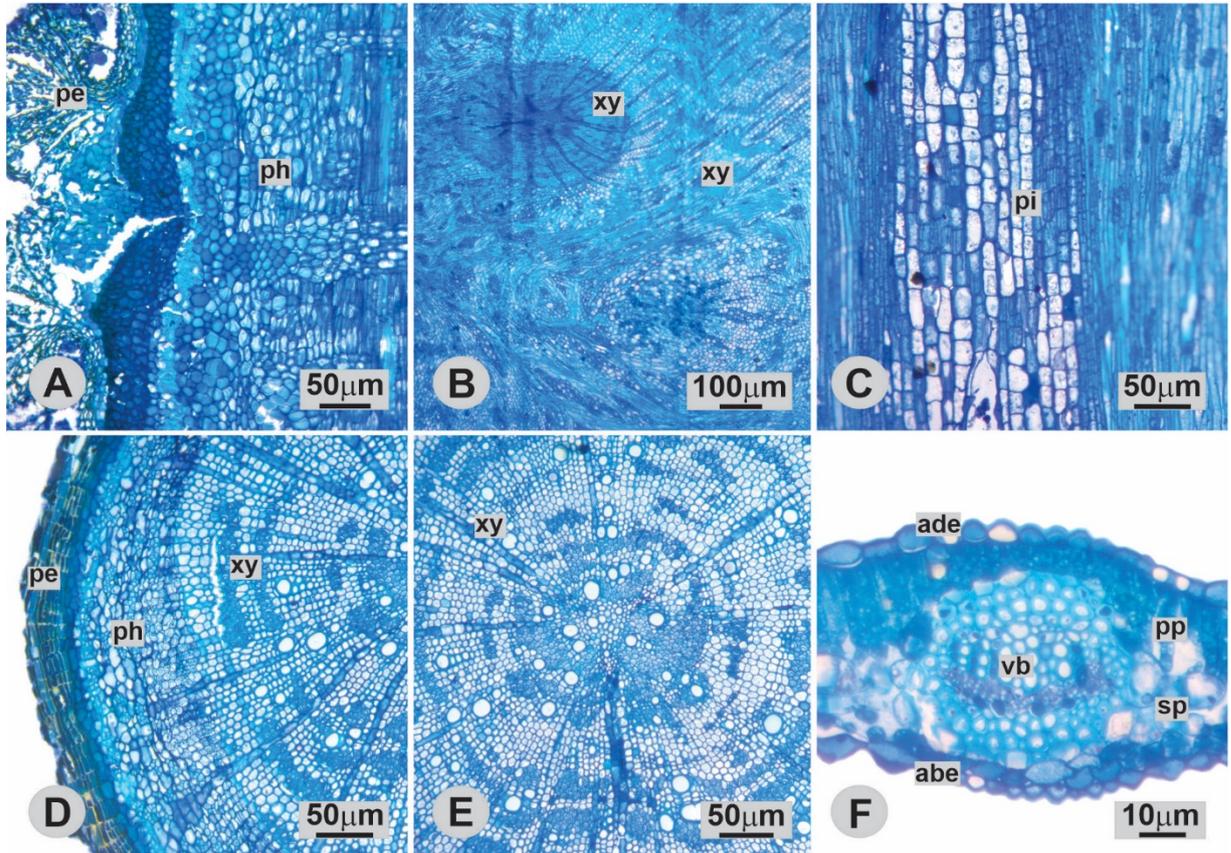


Figura 4. Secções longitudinais (A-C) e transversais (D-F) em *Senegalia polyphylla* com 18 meses de idade. **A, B, C:** colo da raiz. **D-E:** raiz. **F:** foliólulo. Legenda: pe: periderme; ph: floema; xy: xilema; pi: medula; abe: epiderme abaxial; ade: epiderme adaxial; vb: feixe vascular; pp: parênquima paliçádico; sp: parênquima lacunoso.

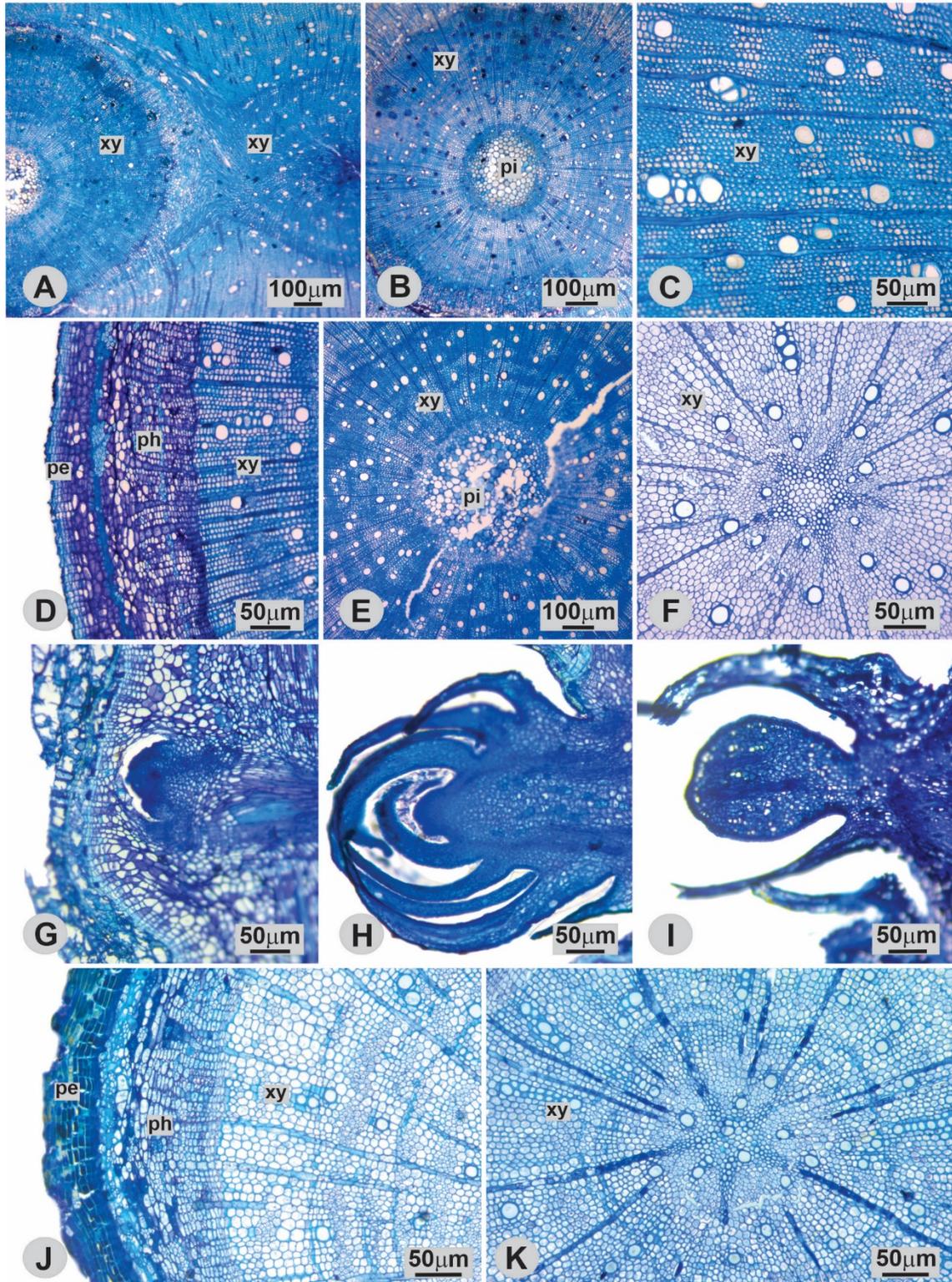


Figura 5. Secções transversais (A-F, J, K) e longitudinais (G-I) em indivíduos pós-fogo de *Albizia hassleri* (A-F) e *Senegalia polyphylla* (G-K). A-C: colo da raiz de *A. hassleri*, aos 6 meses de idade. D, E: colo da raiz de *A. hassleri*, aos 18 meses de idade. F: raiz de *A. hassleri* aos 18 meses de idade. G, H: colo da raiz de *S. polyphylla* aos 6 meses de idade, evidenciando as gemas. I: colo da raiz de *S. polyphylla* aos 18 meses de idade, evidenciando a gema. J, K: raiz de *S. polyphylla* aos 18 meses de idade. Legenda: xy: xilema; pe: periderme; ph: floema; pi: medula.

3.3. Análises histoquímicas

Em *A. hassleri*, o cloreto férrico não reagiu para a presença de compostos fenólicos em nenhuma parte das estruturas analisadas, tanto aos 6 quanto aos 18 meses, nas situações de indivíduos controle e indivíduos pós-fogo (Figuras 6A-C e 7A-C). Em *S. polyphylla* esses compostos também não foram observados aos 6 meses de idade (Figura 8A-C), mas aos 18 meses sim. Nessa condição, as substâncias foram localizadas nos parênquimas paliçádico e lacunoso, e no xilema da folha (Figura 9A); e na região do colo da raiz e da raiz, foram localizados na periderme e no floema (Figuras 9B e 9C). Vale ressaltar que, tanto o tratamento controle quanto os de fogo obtiveram os mesmos resultados, por isso, só estão ilustrados os indivíduos queimados.

O teste de amido obteve resultado semelhante nas folhas de ambas as espécies, sendo que aos 6 meses essa substância não foi encontrada, mas aos 18 meses sim (Figuras 6D, 7D, 8D e 9D). Nessa idade, a substância se encontra nos parênquimas paliçádico e lacunoso. Em *A. hassleri* foi verificada grande reação de lugol ao amido por toda a estrutura do colo da raiz, nas duas idades, como observado nas figuras 6E e 7E. Já na raiz, aos 6 meses, foi encontrada menor quantidade de grânulos de amido no xilema secundário (Figura 6F), quando comparado aos indivíduos de 18 meses, que, por sua vez, obtiveram toda a região do parênquima com grande reação ao lugol (Figura 7F).

S. polyphylla também apresentou, nas duas idades, grande reação de amido por toda a estrutura do colo da raiz (Figuras 8E e 9E). Já na região da raiz, ocorreu o inverso de *A. hassleri*: aos 6 meses, o amido está presente no floema secundário e xilema secundário, porém a reação foi melhor na porção mais central do xilema secundário (Figura 8F), enquanto que, aos 18 meses, apesar de ainda ser identificado nas mesmas regiões, a reação diminuiu, como pode ser visto na figura 9F.

Em relação às substâncias lipídicas, os testes obtiveram resultados bem diferentes nas variadas condições. Para *A. hassleri*, aos 6 meses, as três estruturas analisadas obtiveram resultados semelhantes, sendo que na folha a reação ocorreu apenas na região da cutícula da epiderme adaxial (Figura 6G-seta), e, no colo da raiz e na raiz, na região da periderme (Figuras 6H e 6I). Aos 18 meses, tanto a raiz quanto a região do colo obtiveram resultado positivo na periderme, porém bem

menos evidente do que aos 6 meses (Figuras 7G-I). Nessa idade, *S. polyphylla* segue o mesmo padrão de *A. hassleri*, com reação às substâncias lipídicas na cutícula da epiderme da folha (Figura 8G-seta) e na periderme da raiz (Figura 8I), entretanto, o resultado foi negativo para toda a região do colo da raiz, observado na figura 8H.

Aos 18 meses, *S. polyphylla* apresentou uma reação diferente para a substância, sendo que a folha obteve reação nos parênquimas paliçádico, lacunoso e no xilema (Figura 9G). Na raiz a reação continuou ocorrendo na periderme (Figura 9I). Na figura 9H podemos observar a presença de uma gema no colo da raiz, cuja estrutura também reagiu positivamente às substâncias lipídicas.

Através do teste de proteína nas folhas de *A. hassleri*, aos 6 meses (Figura 6J), é possível observar reação no conteúdo celular do floema, no parênquima do feixe vascular e também no parênquima paliçádico e lacunoso. Aos 18 meses a situação se repete, porém de forma menos evidente (Figura 7J). No colo da raiz, as regiões que reagiram positivamente foram a periderme e o floema, tanto aos 6 quanto aos 18 meses (Figuras 6K e 7K), e na raiz também, apesar de essa região ter obtido uma coloração mais clara no floema, aos 6 meses de idade (Figuras 6L e 7L). Vale ressaltar que os raios parenquimáticos, de ambas as estruturas e ambas as idades também reagiram às proteínas, porém de maneira pouco evidente.

Com 6 meses, a folha de *S. polyphylla* segue os mesmos padrões, porém com reações menos evidentes na medula e no feixe vascular (Figura 8J). Nessa idade, o colo da raiz também apresenta proteínas na periderme e no floema (Figura 8K), entretanto a raiz apresentou apenas a periderme com reação à essas substâncias (Figura 8L). Aos 18 meses, essa espécie também apresenta proteínas por quase toda a região da folha (Figura 9J), e as outras duas estruturas, da raiz e colo da raiz, apresentam uma grande reação às substâncias proteicas, em ambos os casos localizadas na periderme e no floema (Figuras 9K e 9L).

O último teste histoquímico teve por objetivo a visualização de substâncias pécticas. Neste caso, todas os órgãos analisados, nas duas espécies, obtiveram resultado positivo, e por toda a estrutura, tanto nas folhas, quanto no colo da raiz e na raiz, principalmente relacionado às paredes celulares (Figuras 6M-O; 7M-O; 8M-O e 9M-O), sendo que, nestes dois últimos, as regiões da periderme e do floema reagiram de forma mais intensa.

Além dos compostos observados, nas imagens que ilustram os testes histoquímicos também é possível observar a presença de cristais nas folhas de *A. hassleri*, e *S. polyphylla*, especialmente na região do feixe vascular, que estão indicados por setas nas figuras 7J e 9J. Entretanto, não foram feitos testes para revelar a natureza química de tais cristais.

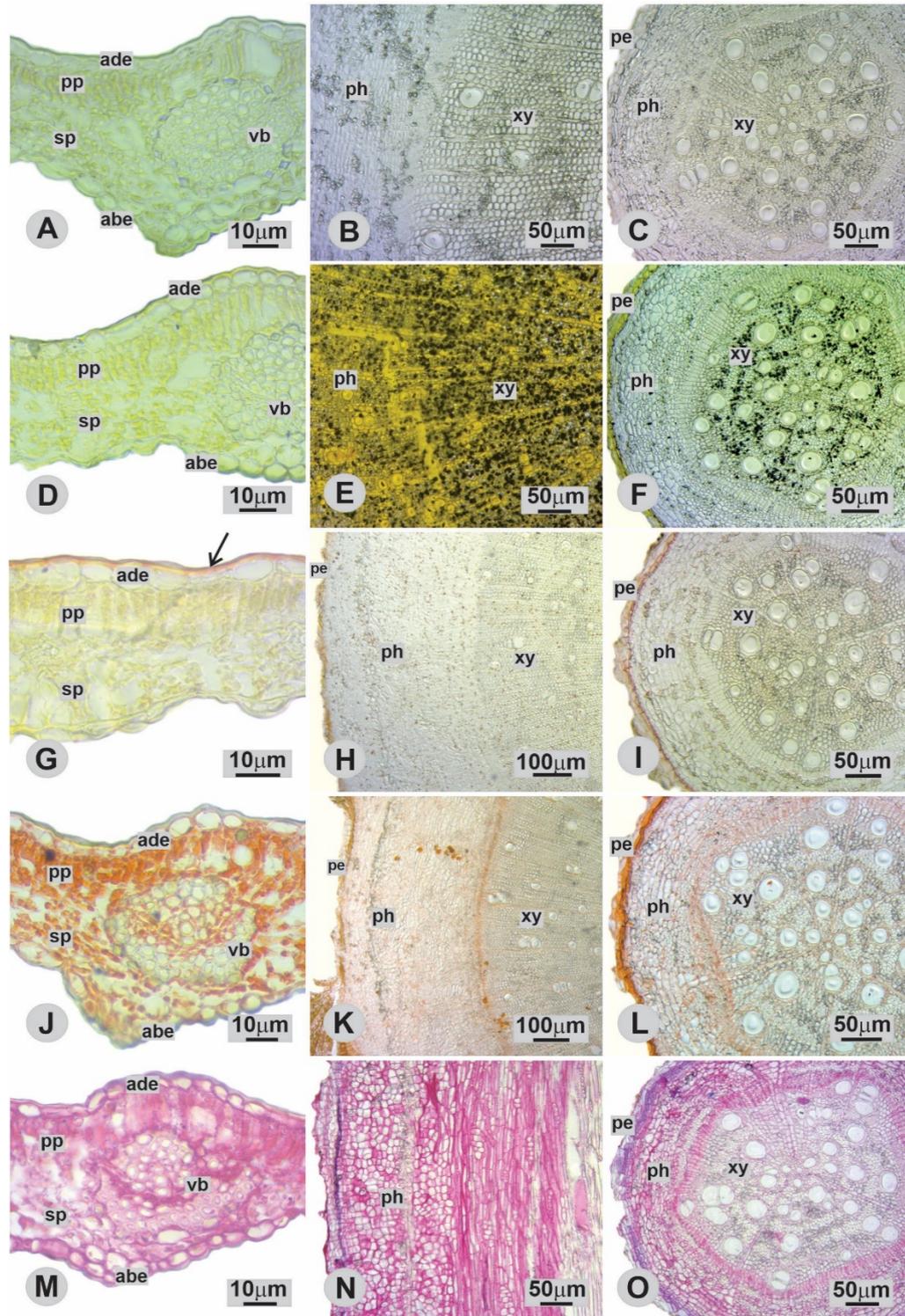


Figura 6: Testes histoquímicos na folha (A, D, G, J, M), colo da raiz (B, E, H, K, N) e raiz (C, F, I, L, O) em *Albizia hassleri* com 6 meses de idade. **A-C:** Reação do cloreto férrico para compostos fenólicos. **D-F:** Reação do lugol para amido. **G-I:** Reação do sudan IV para substâncias lipídicas (**G**: seta destacando a cutícula); **J-L:** reação do xylidine para proteínas; **M-O:** reação do vermelho de rutênio para substâncias pécnicas. Legenda: pe: periderme; ph: floema; xy: xilema; abe: epiderme abaxial; ade: epiderme adaxial; vb: feixe vascular; pp: parênquima paliçádico; sp: parênquima lacunoso.

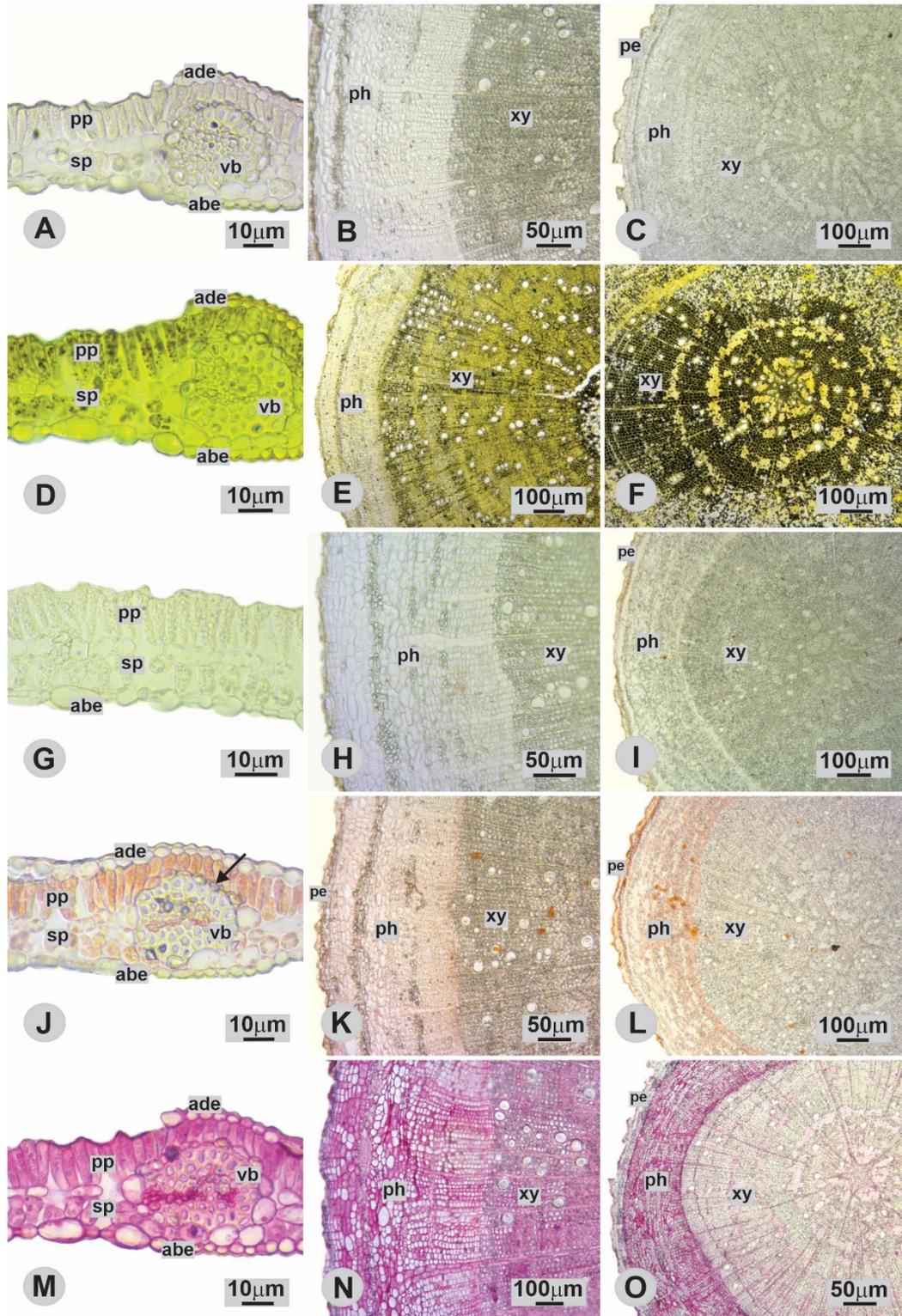


Figura 7: Testes histoquímicos na folha (A, D, G, J, M), colo da raiz (B, E, H, K, N) e raiz (C, F, I, L, O) em *Albizia hassleri* com 18 meses de idade. **A-C:** Reação do cloreto férrico para compostos fenólicos. **D-F:** Reação do lugol para amido. **G-I:** Reação do sudan IV para substâncias lipídicas; **J-L:** reação do xylidine para proteínas; **M-O:** reação do vermelho de rutênio para substâncias pécicas. Legenda: pe: periderme; ph: floema; xy: xilema; abe: epiderme abaxial; ade: epiderme adaxial; vb: feixe vascular; pp: parênquima paliçádico; sp: parênquima lacunoso. Seta: cristais.

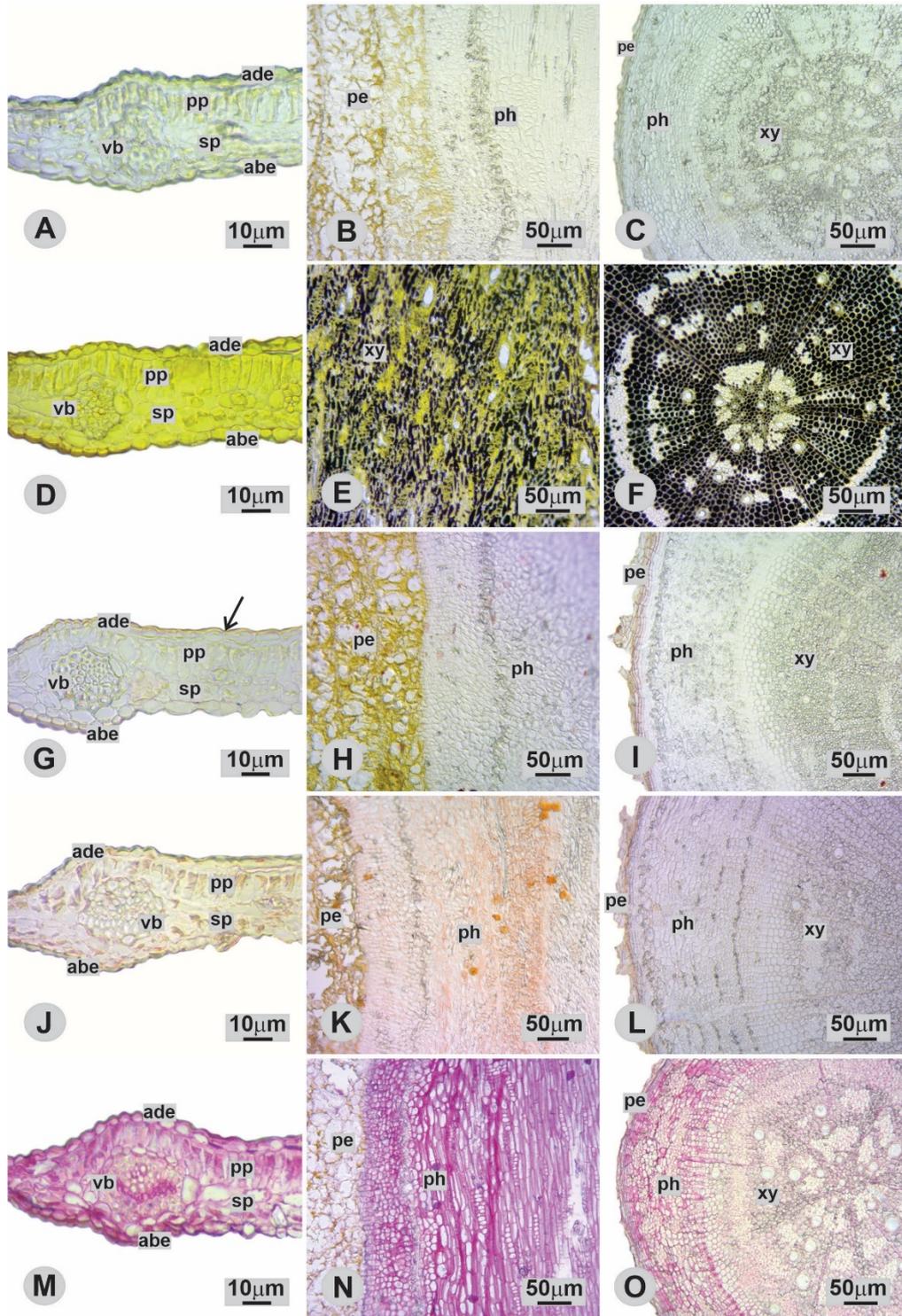


Figura 8: Testes histoquímicos na folha (A, D, G, J, M), colo da raiz (B, E, H, K, N) e raiz (C, F, I, L, O) em *Senegalia polyphylla* com 6 meses de idade. **A-C:** Reação do cloreto férrico para compostos fenólicos. **D-F:** Reação do lugol para amido. **G-I:** Reação do sudan IV para substâncias lipídicas (**G:** seta destacando a cutícula); **J-L:** reação do xyline para proteínas; **M-O:** reação do vermelho de rutênio para substâncias pécicas. Legenda: pe: periderme; ph: floema; xy: xilema; abe: epiderme abaxial; ade: epiderme adaxial; vb: feixe vascular; pp: parênquima paliádico; sp: parênquima lacunoso.

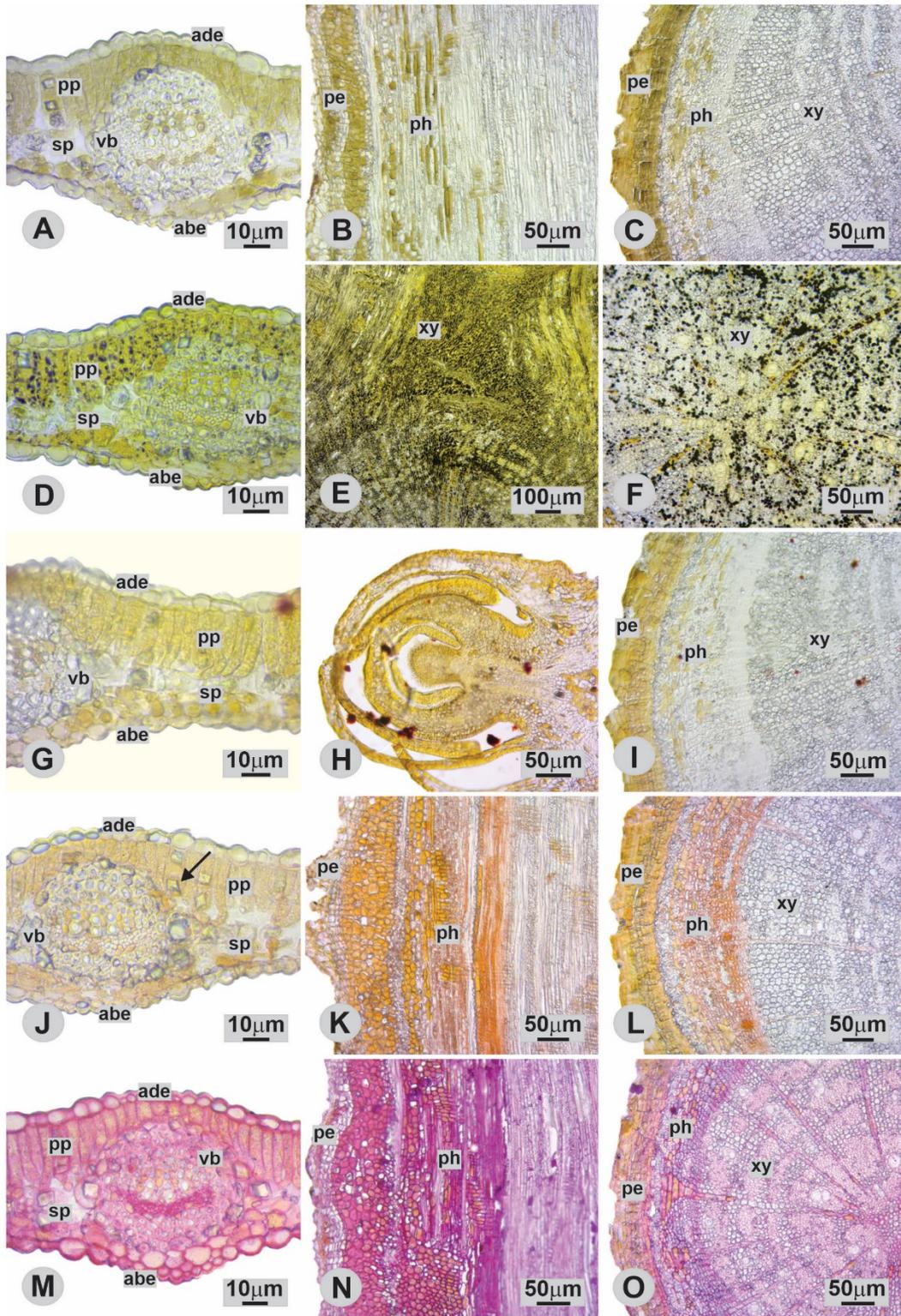


Figura 9: Testes histoquímicos na folha (A, D, G, J, M), colo da raiz (B, E, H, K, N) e raiz (C, F, I, L, O) em *Senegalia polyphylla* com 18 meses de idade. **A-C:** Reação do cloreto férrico para compostos fenólicos. **D-F:** Reação do lugol para amido. **G-I:** Reação do sudan IV para substâncias lipídicas (**H:** gema); **J-L:** reação do xylidine para proteínas; **M-O:** reação do vermelho de rutênio para substâncias pécticas. Legenda: pe: periderme; ph: floema; xy: xilema; abe: epiderme abaxial; ade: epiderme adaxial; vb: feixe vascular; pp: parênquima paliçádico; sp: parênquima lacunoso. Seta: cristais.

4. DISCUSSÃO

As duas espécies estudadas apresentaram rebrota pós-fogo, tanto aos 6 quanto aos 18 meses. De modo geral, plântulas representam um estágio crítico no ciclo de vida das plantas pois têm uma alta sensibilidade a distúrbios ambientais, como o fogo (HOFFMAN, 2000). Em plântulas, o diâmetro do caule e a espessura da casca ainda não estão completamente desenvolvidos, de forma que o banco de gemas aéreo ainda não está bem protegido por uma casca espessa (HOFFMANN *et al.*, 2012). Desta forma, a capacidade de rebrotamento da base e de órgãos subterrâneos é de extrema importância para a persistência dessas plantas no ambiente (HOFFMANN & MOREIRA 2002, HOFFMANN *et al.* 2012).

Em um estudo com duas áreas de Cerrado sentido restrito, Rios; Souza-Silva; Meirelles, 2019, observaram que os principais afetados pelo fogo foram indivíduos de menor porte, com maior número de indivíduos mortos com até 2,4 m de altura (64%) e diâmetro até 5,5 cm (76%). Geralmente, os danos causados pelo fogo são maiores em plântulas e indivíduos jovens (SATO *et al.*, 2010), mas isso não é representado pelos dados aqui encontrados.

Savanas e espécies florestais diferem significativamente em sua habilidade de sobrevivência ao fogo, de forma que as espécies florestais apresentam uma sobrevivência muito baixa (HOFFMAN, 2000), enquanto que espécies do Cerrado são capazes de sobreviver em idades mais jovens e apresentam alta resiliência (HOFFMAN, 2000), como o que foi relatado nas espécies aqui trabalhadas. A capacidade de rebrota de plantas pode ser avaliada no campo ou *ex situ* (KLIMEŠOVÁ & KLIMEŠ, 2007). Cornelissen *et al.* (2003) sugeriram um procedimento para avaliar a regeneração vegetativa no campo, que deve ser feita em até 5 anos após a perturbação de árvores, e no mesmo ano da perturbação para ervas.

Assim como o que foi identificado no presente trabalho, Fisher (2008), em um estudo sobre a anatomia do eixo de contração de plantas de um habitat propenso ao fogo, também verificou que, na maioria das espécies (inclusive da família Fabaceae), a região do colo da raiz, chamada pelo autor de hipocótilo, possuía organização semelhante a um caule, com uma diminuição na área da medula quando em direção à extremidade da raiz.

Essa região, segundo Pausas *et al* (2018), também chamada de coroa da raiz, é a zona de transição entre a raiz e o caule, e é a partir das gemas localizadas nela que muitas plantas lenhosas rebrotam. Da Silva *et al.*, 2020 analisaram espécies lenhosas de Fabaceae na vegetação do Chaco, as quais apresentaram gemas localizadas nas raízes ou na região do colo. A rebrota da coroa da raiz é o mecanismo de regeneração pós-perturbação mais difundido em ambientes propensos ao fogo, e é o banco de gemas mais comum entre as árvores, além de já ter sido descrito também em arbustos e ervas perenes (PAUSAS *et al.* 2018). Em análises anatômicas com *Ginkgo biloba*, Del Tredici (1992) verificou a presença de gemas cotiledonares na estrutura basal de plantas jovens, afirmando que dependendo de fatores exógenos, elas poderiam seguir uma das três vias morfogenéticas: formar grupos de gemas dormentes embutidos na periderme; formar um broto aéreo; ou então formar uma estrutura basal de crescimento descendente.

O banco de gemas subterrâneo consiste em gemas localizadas em órgãos subterrâneos que estocam reservas (VESK & WESTOBY, 2004; PAUSAS *et al.*, 2018). Desta forma, proporciona uma vantagem de persistência a eventos de fogo porque as gemas são protegidas pela casca, escamas e catafilos. Além disso, os órgãos subterrâneos proporcionam proteção adicional, pois devido à baixa condutividade térmica do solo, as gemas são protegidas do calor do fogo (CLARKE *et al.* 2013). A habilidade de rebrotamento depende de atributos das plantas tais como o grau de proteção de gemas, agrupamento de gemas viáveis (KLIMEŠOVÁ & KLIMEŠ, 2007), bem como a quantidade de reservas estocadas (CLARKE *et al.*, 2013), que foram altamente identificadas em *A. hassleri* e *S. polyphylla*.

Em nossas análises, foi possível observar a periderme como forma de revestimento na maioria das estruturas, tanto aos 6 quanto aos 18 meses. Pilati e Souza (2008) verificaram que, mesmo aos 4 meses de idade, a espécie *Celtis iguanaea* também já apresentava periderme como estrutura de revestimento, tanto no caule quanto no hipocótilo, evidenciando assim a presença de estruturas secundárias em plantas ainda jovens. Duarte e Krentkowski (2015) também encontraram estruturas secundárias incipientes em porções jovens do caule de *Erythrina falcata*, além da presença de periderme, embora a epiderme ainda persistisse.

De acordo com a maioria dos estudos anatômicos realizados com espécies de

Fabaceae (NORVETO; GOZÁLEZ-ANDRÉS; ORTIZ, 1994; DUARTE & DEBUR, 2003; GOSTIN, 2009) é comum a lâmina foliar apresentar mesofilo dorsiventral, que recebe essa denominação quando o parênquima paliçádico se apresenta próximo à epiderme adaxial, e o lacunoso próximo à face abaxial, corroborando as características aqui encontradas. A presença de feixe vascular colateral também é comum, sendo este caracterizado por apresentar floema em um lado e, no outro, apenas xilema (APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2006).

Os testes histoquímicos realizados tiveram por objetivo a identificação de substâncias do metabolismo primário e secundário presentes nos tecidos vegetais de *A. hassleri* e *S. polyphylla*, de forma a complementar as análises anatômicas. De modo geral, as plantas armazenam inúmeras substâncias, e as angiospermas apresentam diversas estratégias de adaptação ao ambiente, dentre as quais encontra-se o acúmulo de compostos de reserva e defesa por toda a parte do vegetal (BUCKERIDGE; SANTOS; TINÉ, 2000).

Apesar de o cloreto férrico não ter reagido na maioria dos testes aqui realizados, é comum a presença de compostos fenólicos em espécies vegetais, visto que eles apresentam uma diversidade de funções, como defesa, proteção contra radiação ultravioleta, ou até mesmo redução o crescimento de plantas competidoras adjacentes (TAIZ & ZEIGER, 2013).

O amido é o carboidrato de armazenamento mais abundante em órgãos subterrâneos de espécies do Cerrado, e desempenha papel essencial como fonte de energia à essas espécies (ALONSO & MACHADO, 2007). Ainda de acordo com os autores, o amido também parece estar relacionado à formação de gemas nas raízes, o que auxilia na posterior rebrota das espécies. Nas espécies estudadas, esse acúmulo pode estar relacionado com a tolerância aos estresses ambientais do Cerrado, como as secas prolongadas e queimadas, funcionando então como uma estratégia de sobrevivência das espécies às condições adversas do ambiente, como citado por Franco, 2008.

Assim como o que foi visto em nossas análises, é comum a observação de substâncias de natureza lipídica na cutícula e epiderme/periderme dos órgãos vegetais, o que pode ser evidenciado pelos estudos de Reis *et al*, 2014, e Jacomassi; Moscheta; Machado, 2007, que trabalharam com espécies de Cerrado.

A grande presença de substâncias pécticas encontrada nos órgãos das

espécies estudadas pode ser explicada devido ao fato de que as pectinas são componentes da parede celular vegetal, e além de sua função estrutural, participam de várias outras funções, como o crescimento e desenvolvimento vegetal. Elas estão presentes em diferentes partes do vegetal, como frutos, folhas, flores, raízes e sementes, e possuem relevante importância medicinal e nutracêutica (SEYFRIED *et al*, 2016).

Os cristais, que foram identificados nas folhas de *A. hassleri* e *S. polyphylla* geralmente estão associadas às funções de defesa contra a herbivoria e estratégia de reserva de nutrientes, como cálcio ou oxalato (VOLK *et al*, 2002). Entretanto, são necessários mais estudos para revelar a natureza química de tais cristais.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados aqui apresentados, *A. hassleri* e *S. polyphylla* demonstraram resiliência ao fogo, com alta sobrevivência no experimento de fogo controlado. As espécies apresentaram raiz primária bem desenvolvida, com presença de amido, e o rebrotamento das espécies está relacionado com a presença de gemas localizadas principalmente na região do colo. Os demais compostos identificados através dos testes histoquímicos podem remeter a diversas estratégias desenvolvidas por essas plantas. Através da anatomia comparativa de indivíduos controle e pós-fogo, não foram encontradas diferenças expressivas nos indivíduos queimados, demonstrando a capacidade de regeneração dessas espécies, proporcionada essencialmente pelas reservas acumuladas e pela viabilidade do banco de gemas, garantindo sobrevivência das mesmas, ainda que em idade juvenil. Estes resultados mostram que essas espécies presentes no Cerrado apresentam adaptações relacionadas ao fogo, proporcionando sobrevivência das mesmas e vantagem competitiva.

6. REFERÊNCIAS

ALONSO, A. A., MACHADO, S. R. Morphological and developmental investigations of the underground system of *Erythroxylum* species from Brazilian Cerrado.

Australian Journal of Botany 55(7): 749-758. 2007.

AMO-RODRÍGUEZ, S.; GÓMEZ-POMPA, A. Crescimiento de estados juveniles en plantas de Selva Tropical Alta Perennifolia, p.549-565. In: A. Gómez-Pompa; C. Vásquez-Yanes; S. Amo-Rodríguez & A. C. Butanda (Eds.), **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México**. México, ed. Continental, v.2, 1976.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA B., ESTELITA M. E. 2000. Development, structure and distribution of colleters in *Mandevilla illustris* and *M. velutina* (Apocynaceae). **Brazilian Journal of Botany**, 23: 113-120. 2000.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2ª ed, 2006.

BERLYN G.P., MIKSCHE J.P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Iowa State University Press: Ames. 1976.

BOND W. J., KEELE J. E. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in Ecology & Evolution**, 20: 387-394. 2005.

BOND W.J., WILGEN B.W. V. **Fire and plants**. London: Chapman & Hall, 263p. (Population and community biology, 14). 1996.

BUCKERIDGE, M.S., SANTOS, H.P. & TINÉ, M.A.S. Mobilization of storage cell wall polysaccharides in seeds. **Plant Physiology and Biochemistry** 38:141-156. 2000.

BURROWS G. E., HORNBY S. K., WATERS D. A., BELLAIRS S. M., PRIOR L. D., BOWMAN D. M. J. S. A wide diversity of epicormic structures is present in Myrtaceae species in the northern Australian savanna biome—implications for adaptation to fire. **Australian Journal of Botany**, 58: 493-507. 2010.

CARVALHO P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 3. ed. Brasília: Embrapa. 2008.

CHARLES-DOMINIQUE T., BECKETT H., MIDGLEY G. F., BOND W. J. Bud protection: a key trait for species sorting in a forest–savanna mosaic. **New Phytologist**, 207: 1052-1060. 2015.

CLARKE, P. J., LAWES, M. J., MIDGLEY, J. J., LAMONT, B. B., OJEDA, F., BURROWS, G. E., ENRIGHT, N. J., & KNOX, K. J. E. Resprouting as a key functional trait: How buds, protection and resources drive persistence after fire. **New Phytologist**, 197(1), 19–35. 2013.

CORNELISSEN, J. H. C., LAVOREL, S., GARNIER, E., DIAZ, S., BUCHMANN, N., GURVICH, D. E., REICH, P. B., TER STEEGE, H., MORGAN, H. D., VAN DER HEIJDEN, M. G. A., PAUSAS, J. G., POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Aust. J. Bot.** 51, 335–380. 2003.

COUTINHO L.M. O conceito de cerrado. **Brazilian Journal of Botany**, 1: 17-23.

1978.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: J. G. Goldammer. **Fire in Tropical Biota**, pp. 82–105. Berlin: Springer-Verlag. 1990.

DA SILVA, J. R., YULE, T. S; SCREMIN-DIAS, E. Structural features and contribution of belowground buds to conservation of Fabaceae species in a seasonally dry Neotropical environment. **Flora**. 264(July 2019), 151570. 2020.

DEL TREDICI, P. Natural regeneration of *Ginkgo biloba* from downward growing cotyledonary buds (basal chichi). **American Journal of Botany**. 79:522-53. 1992.

DUARTE, M.R., DEBUR, M.C. Caracteres morfo-anatômicos de folha e caule de *Bauhinia microstrachya* (Raddi) J. F. Macbr. (Fabaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 13, n. 1, p.7-15, 2003.

DUARTE, M. R.; KRENTKOWSKI, F. L. Anatomical characters of the leaf and stem of *Erythrina falcata* Benth. (Fabaceae). **Visão Acadêmica**, [S.l.], v. 16, n. 1, 2015.

FILGUEIRAS T. S. Herbaceous plant communities. **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**, 121-139. 2002.

FISHER, J. B. Anatomy of axis contraction in seedlings from a fire prone habitat. **American Journal of Botany**. 95: 1337–1348. 2008.

FLORA DO BRASIL. Fabaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115>>. Acesso em: 30 dez. 2019.

FRANCO, A. C. Ecophysiology of woody plants. **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**, 178, p. 197, 2002.

GOSTIN, I. N. Air pollution effects on the leaf structure of some Fabaceae species. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 37, n. 2, p. 57-63, 2009.

HOFFMANN, W. A. Post-establishment seedling success in the Brazilian Cerrado: A comparison of savanna and forest species. **Biotropica**, 32(1), 62–69. 2000.

HOFFMANN W. A., MOREIRA A. G. The role of fire in population dynamics of woody plants. **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**, 159-177. 2002.

HOFFMANN, W. A., GEIGER, E. L., GOTSCH, S. G., ROSSATTO, D. R., SILVA, L. C. R., LAU, O. L., HARIDASAN, M., & FRANCO, A. C. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecology Letters**, 15(7), 759–768. 2012.

JACOMASSI, E; MOSCHETA, I. S; MACHADO, S. R. Morfoanatomia e histoquímica

de *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 2, n. 3, p. 575-597, 2007.

JENSEN W. A. **Botanical histochemistry**: principle and practice. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 408p. 1962.

JOHANSEN D. A. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Company, Inc: London; pp 15-27. 1940.

JUDD, W. S.; CAMPBELL C.S; KELLOGG E.A; STEVENS P.F.; DONOGHUE M.J. **Sistemática Vegetal**: um enfoque filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 371-376p. 2009.

KLIMEŠOVÁ, J., KLIMEŠ, L. Bud banks and their role in vegetative regeneration-A literature review and proposal for simple classification and assessment. **Perspect. Plant Ecol.**, 8 (3), pp. 115-129, 2007.

LAMONT B. B., HE T Fire-proneness as a prerequisite for the evolution of fire-adapted traits. **Trends in Plant Science**, 22: 278-288. 2017.

LEGUME PHYLOGENY WORKING GROUP (LPWG). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **Taxon**, 66: 44-77. 2017.

LORENZI, R. **Árvores brasileiras**: manual de identificação, cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum. 170p. 1992.

MIRANDA H. S., BUSTAMANTE M. M., MIRANDA A. C., OLIVEIRA P; MARQUIS R. The fire factor. **The Cerrados of Brazil**: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna, 51-68. 2002.

NASCIMENTO, I. V. Cerrado: o fogo como agente ecológico. **Territorium**, Coimbra, v. 6, p.25-35. 2001.

NORVERTO, C. A.; GONZÁLEZ-ANDRÉS, F.; ORTIZ, J. M. Leaf and stem anatomy of species of *Cytisophyllum*, *Cytisus*, *Chamaecytisus*, *Genista*, and *Genista* sect. *teline* (Fabaceae: Genisteae) as an aid for taxonomy. **Israel Journal of Plant Sciences**, 42, n. 3, p. 213-225, 13 May.1994.

O'BRIEN, T.P., MCCULLY, M.E. **The Study of Plant Structure**: Principles and Selected Methods. Termarcaphi Pty. Ltd., Melbourne. 1981.

OLIVEIRA D. M.T. Morfologia comparada de plântulas e plantas jovens de leguminosas arbóreas nativas: espécies de Phaseoleae, Sophoreae, Swartzieae e Tephrosieae. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v.24, n.1, p.85-97, 2001.

OLIVEIRA FILHO A. T., RATTER J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. **The Cerrados of Brazil**: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna, 91-120. 2002.

PAUSAS J. G. Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). **Climatic change**, 63: 337-350. 2004.

PAUSAS J. G.; KEELEY J. E. A burning story: the role of fire in the history of life. **BioScience**, 59: 593-601. 2009.

PAUSAS, J. G.; B. B. LAMONT, S. PAULA, B. APPEZZATO-DA-GLÓRIA, A. FIDELIS. Unearthing belowground bud banks in fire-prone ecosystems. **New Phytologist**. 217: 1435–1448. 2018.

PILATI, R.; SOUZA, L. A. d. Morfoanatomia da plântula de *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg. (Ulmaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 28, n. 1, p. 1-6, 11 mar. 2008.

REIS, A. L. L. E.; SILVA, D. S. d.; SILVA, K. L. F.; CHAGAS, D. B. d. Caracterização anatômica e histoquímica de raízes e folhas de plântulas de *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, v. 38, p. 209-219, 2014.

RIBEIRO J. F., WALTER B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. Embrapa Cerrados. 1998.

RIOS, M. d. S.; SOUZA-SILVA, J.; MEIRELLES, M. L. Dinâmica pós-fogo da vegetação arbóreo-arbustiva em cerrado sentido restrito no Distrito Federal. **Embrapa Cerrados: Biodiversidade**, v.18, n1, 2019.

RISSI M. N., BAEZA M. J., GORGONE-BARBOSA E., ZUPO T., FIDELIS A. Does season affect fire behaviour in the Cerrado? **International Journal of Wildland Fire**, 26: 427-433. 2017.

RIZZINI C. T., HERINGER, E. P. Underground organs of plants from some southern Brazilian savannas, with special reference to the xylopodium. **Phyton**, 17: 105-24. 1961.

SATO, M.N.; MIRANDA, H.S.; MAIA, J.M.F. O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e de longo prazo. In: MIRANDA, H.S. (Org.). **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidade de Cerrado**: Projeto fogo. Brasília: IBAMA, p.77-9. 2010.

SAKAI W. S. 1973. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain technology**, 48: 247-249. 1973.

SEYFRIED, M; SOLDERA-SILVA, A; BOVO, F; STEVAN-HANCKE, F.R; MAURER, J.B.B; ZAWADZKIBAGGIO, S.F. Pectinas de plantas medicinais: características estruturais e atividades imunomoduladoras. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.18, n.1, p.201-214, 2016.

SIMON M. F., GREYER R., QUEIROZ L. P., SKEMA C., PENNINGTON R. T., HUGHES C. E. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National**

Academy of Sciences, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre, Artmed, p. 67,80-81, 164-167. 2013.

VERDAGUER D., OJEDA F. Root starch storage and allocation patterns in seeder and resprouter seedlings of two Cape Erica (Ericaceae) species. **American Journal of Botany**, 89: 1189-1196. 2002.

VESK P. A., WESTOBY M. Sprouting ability across diverse disturbances and vegetation types worldwide. **Journal of Ecology**, 92: 310-320. 2004.

VOLK, G.M., LYNCH-HOLM, V.J., KOSTMAN, T.A., GOSS, L.J. & FRANCESCHI, V.R. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* leaves. **Plant Biology** 4:34-45. 2002.

WHELAN R. J. The Ecology of Fire. **Cambridge University Press**. 1995.