



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



JANE RODRIGUES DA SILVA

MORFO-ANATOMIA DE SISTEMAS SUBTERRÂNEOS DE
LEGUMINOSAE DO CHACO BRASILEIRO

Orientadora: Profa. Dra. Edna Scremin-Dias

Campo Grande - MS
Março/2011



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



MORFO-ANATOMIA DE SISTEMAS SUBTERRÂNEOS DE
LEGUMINOSAE DO CHACO BRASILEIRO

JANE RODRIGUES DA SILVA

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal junto ao Departamento de Biologia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde/UFMS.

Orientadora: Profa. Dra. Edna Scremin-Dias

Campo Grande - MS
Março/2011

Ficha Catalográfica

Silva, J. R.

Morfo-anatomia de sistemas subterrâneos de Leguminosae lenhosas do Chaco brasileiro / Jane Rodrigues da Silva – Campo Grande, MS, 2011.

Orientador: Edna Scremin-Dias.

Dissertação (Mestrado) – Laboratório de Botânica – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

1. Anatomia 2. Déficit hídrico 3. Raízes axiais 4. Raízes gemíferas.

Banca Examinadora

Prof. Dra. Érika Amano

Prof. Dra. Rosani Arruda

Prof. Dra. Edna Scremin Dias

Presidente

DEDICATÓRIA

À minha mãe Cleuraci Rodrigues e aos meus irmãos Janir Rodrigues da Silva e Gilson Rodrigues.

Agradecimentos

Agradeço à professora Dr^a Edna Scremin-Dias pela orientação.

À professora Dr^a Ângela Lúcia Bagnatori Sartori pelo auxílio na identificação das plantas e ajuda na determinação das espécies para o meu trabalho.

À professora Dr^a Beatriz Appezzato-da-Glória por te me recebido mesmo uma semana antes da entrega da minha dissertação para análise do material com gemas.

Aos professores da Pós-graduação em Biologia Vegetal da UFMS que contribuíram com a minha formação acadêmica, Dr^a Edna Scremin Dias, Dr^a Maria Rosângela Sigríst, Dr^a Adriana Guglieri Caporal, Dr^a Maria Rita Marques, Msc. Vali J. Pott, Dr. Arnildo Pott, Dr. Geraldo Alves Damasceno Júnior, Dr. Valdemir Laura.

Ao proprietário da fazenda Retiro Conceição, Sérgio de Oliveira e família, pela permissão de entrada da equipe, além da receptividade e disposição em ajudar.

Aos amigos que contribuíram com as coletas e viagens, Zildamara Holsback, Fábila Silva de Carvalho, Bárbara Ellen, Tamires Yule, Thabata Borine, Wesley Covre, Jacqueline Rotta, Fábio Alves e Caroline Polido valeu pelas boas risadas mesmo no calor insuportável e dos mosquitos enlouquecedores do Chaco.

À Capes pela concessão da bolsa de mestrado e ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa 620176/2008-3 e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

À família Mendes Kulczynski por todo apoio e ajuda durante os momentos mais difíceis destes dois anos, ao meu namorado Leonardo Kulczynski pela compreensão e paciência, a todos os amigos que me deram força e me apoiaram e a minha mãe e irmãos pelo apoio e incentivo aos estudos.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	06
ABSTRACT	08
INTRODUÇÃO GERAL	10
Referências bibliográficas	13
Normas para publicação	18
ARTIGO 1 - Morfo-anatomia de raízes de Leguminosae lenhosas do Chaco	22
brasileiro	
Resumo	22
Abstract	23
Introdução	23
Material e métodos	24
Resultados	26
Discussão	28
Referências bibliográficas	32
Figuras	36
ARTIGO 2 – Raízes gemíferas em três espécies arbóreas de Leguminosae	
do Chaco	39
Resumo	39
Abstract	40
Introdução	40
Material e métodos	42
Resultados	42
Discussão	43
Referências bibliográficas	46
Figuras	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

RESUMO GERAL

Em regiões como Chaco caracterizadas pelo clima sazonal com temperaturas elevadas durante o período chuvoso, solos compactos e salinos, a disponibilidade hídrica é o fator limitante para o estabelecimento para as plantas. Espécies que habitam estas regiões desenvolvem sistema radicular profundo, eficiente em explorar água subterrânea e algumas peculiaridades anatômicas, principalmente no xilema secundário que aumenta a eficiência e a segurança hidráulica. Em ambientes sujeitos à ação do fogo e períodos intensos de seca, a ocorrência de sistemas subterrâneos gemíferos permitem a sobrevivência das espécies, favorecendo a regeneração dos ramos aéreos e/ou a sua propagação vegetativa. Especula-se que espécies de Leguminosae ocorrentes em formações chaquenhãs, possuem adaptações peculiares nas raízes ainda não descritas para aquele ambiente, bem como sistema subterrâneo com potencialidade gemífera, haja vista as condições abióticas locais. Nesse contexto, neste trabalho é (1) descrita a morfo-anatomia de raízes de sete espécies de Leguminosae lenhosas do Chaco brasileiro – *Bauhinia hagenbeckii* Harms, *Mimosa glutinosa* Malme, *M. hexandra* Micheli, *M. sensibilis* var. *urucumensis* Barneby, *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins, *Prosopis rubriflora* Hassl. e *P. ruscifolia* Griseb. - e correlacionadas as características destas estruturas com as condições ambientais, principalmente referentes ao estresse hídrico e também (2) analisada a natureza estrutural dos sistemas subterrâneos gemíferos de *Caesalpinia pluviosa* DC., *Machaerium eriocarpum* Benth e *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart. O sistema radicular das sete espécies descritas é formado por raízes axiais com ramificações próximas à superfície do solo. A presença de características anatômicas nestas raízes como: periderme desenvolvida, córtex estreito, floema secundário amplo, elementos de vaso solitários e agrupados, placa de perfuração simples, pontoações alternas na parede dos vasos, fibras gelatinosas, parênquima axial abundante, raios parenquimáticos uni a trisseriados e grãos de amido no parênquima cortical, axial e radial do floema e do xilema secundário podem ser consideradas para otimizar a absorção e segurança na condução hídrica. *Caesalpinia pluviosa*, *Machaerium eriocarpum* e *Lonchocarpus nudiflorens* apresentam sistemas subterrâneos constituídos por raízes distribuídas paralelamente à superfície do solo. Nas raízes de *C. pluviosa* ocorre a ruptura da casca devido à emergência das gemas que são originadas no calo, formado por meio da atividade diferencial do câmbio vascular. As gemas de *M. eriocarpum* e *L. nudiflorens* formam-se isoladamente ou em grupos e mantem conexão vascular com xilema primário da raiz. *C. pluviosa* forma gemas reparativas, de

origem exógena e formada após o corte das raízes em campo. Em *M. eriocarpum* e *L. nudiflorens* as gemas têm conexão vascular com xilema primário o que sugere sua origem endógena.

PALAVRAS-CHAVES: Anatomia, déficit hídrico, raízes axiais, raízes gemíferas.

ABSTRACT

In regions such as Chaco characterized by seasonal climate with high temperatures during the rainy season, compacted soils, saline, water availability is the limiting factor for plant establishment. Species that inhabit these regions develop a deep root system, efficient in exploiting groundwater and some anatomical peculiarities, especially in the secondary xylem which increases the hydraulic efficiency and safety. In areas subjected to the action of fire and intense periods of drought, the occurrence of subterranean systems allows the survival of species, favoring the regeneration of shoots and / or vegetative propagation. It is speculated that species Leguminosae occurring in formations chaquenian have unique adaptations in roots have not been reported for that environment, as well as underground system with the potential bud bearing, given the local abiotic conditions. In this context, this work is (1) described the morphology and anatomy of roots of seven species of woody Leguminosae from Chaco - *Bauhinia hagenbeckii* Harms, *Mimosa glutinosa* Malme, *M. hexandra* Micheli, *M. sensibilis* var. *urucumensis* Barneby, *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins, *Prosopis rubriflora* Hassl. and *P. ruscifolia* Griseb. - And the characteristics of these structures correlated with environmental conditions, mainly related to water stress and also (2) analyzed the structural nature of subterranean systems of *Caesalpinia pluviosa*, DC., *Machaerium eriocarpum* Benth and *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart. The root system of the seven species is formed by axial roots with branches near the soil surface. The presence of anatomical features in these roots as developed periderm, cortex narrow phloem broad vessel elements grouped and solitary, simple perforation plates, alternate pits in the vessel wall, gelatinous fibers, abundant axial parenchyma, ray parenchyma to 1 -3 serials and starch grains in the cortical parenchyma, axial and radial secondary xylem and phloem can be seen to optimize absorption and water safety when driving. *C. pluviosa*, *M. eriocarpum* and *L. nudiflorens* present systems consist of underground roots distributed along the soil surface. In the roots of *C. pluviosa* peeling rupture occurs due to the emergence of the buds that originate in the callus formed by the differential activity of the vascular cambium. Buds *M. eriocarpum* and *L. nudiflorens* are formed singly or in groups and maintains vascular connection with primary xylem of the root. *C. pluviosa* reparatory buds, exogenous and formed after cutting the roots in the field. In *M. eriocarpum* and *L. nudiflorens* buds have vascular connection with primary xylem suggesting its endogenous origin.

KEY WORDS: Anatomy, water deficit, axial roots, root buds.

INTRODUÇÃO GERAL

O Chaco é uma planície sedimentar que abrange aproximadamente 1.000,000 km² de extensão, estende-se desde o norte e área central da Argentina, oeste do Paraguai, leste da Bolívia e extremo sul do Brasil (Adámoli *et al.*, 1990; Lewis *et al.*, 1990; Prado, 1993). No Brasil, o Chaco restringe-se a borda oeste do Estado de Mato Grosso do Sul, ocupando cerca de 7% da sub-região do Pantanal do Nabileque (Silva *et al.*, 2000), representado apenas nas florestas de Porto Murtinho (Prado *et al.*, 1992).

As diferentes fitofisionomias da planície chaquenha variam em função do gradiente climático e dos fatores edáficos (Spichiger *et al.*, 1991), sendo caracterizada a região oeste mais seca, com balanço hídrico fortemente deficitário e com espécies caducifólias, espinescentes e folhas pequenas, com predominância de plantas xerófitas em matas abertas (IBGE 1992, Abdon e Silva, 2006), e outra região ao leste mais úmida, com pluviosidade mais elevada e influenciada pelos rios Paraguai e Pilcomayo (Spichiger *et al.*, 1991; Lewis *et al.*, 1994). No Brasil, as formações chaquenhas possuem características vegetacionais de Chaco úmido (Adámoli, 1987) com predomínio de elementos florísticos de Savana Estépica Arborizada (Nunes, 2006) e Savana Estépica Parque (Amador, 2006).

Estudos florísticos em remanescentes de Chaco realizados por Nunes (2006), Alves (2008) e Noguchi *et al.* (2009) em fragmentos de formações chaquenhas no Estado de Mato Grosso do Sul, destaca a família Leguminosae com a maior riqueza nestas formações. Esta família é a terceira maior das Angiospermas, com 727 gêneros e 19.325 espécies, distribuídas em todos os continentes e nos mais diversos biomas (Souza e Lorenzi, 2005) e apresenta importante contribuição na riqueza e caracterização de várias formações vegetacionais tropicais (Oliveira-Filho *et al.*, 2006). A família Leguminosae, independentemente do grau de interferência do ambiente, destaca-se com a maior riqueza de espécies na maioria dos levantamentos fitossociológicos em diferentes formações tropicais (Nunes, 2006; Penha 1998), e o favorecimento de espécies desta família poderia ser resultado do seu potencial de rebrota após algum evento de perturbação (Penha, 1998; Rodrigues *et al.* 2004).

Estudos com espécies arbóreas com potencial para formação de brotos em raízes ainda são escassos para regiões tropicais (Klimesova e Klimes, 2007) e estão relacionados aos aspectos ecológicos e fitossociológicos (Lacey e Johnston, 1990; Penha, 1998; Rodrigues *et al.*, 2004). Estudos com espécies que apresentam sistemas subterrâneos com

potencial gemífero para espécies do Chaco, foram realizados por Moglia e Jofre (1998), Kammesheidt (1999) e Mostacedo *et al.* (2009).

Alguns trabalhos evidenciam que a rebrota a partir de raízes garantem a sobrevivência de espécies em condições desfavoráveis, como altas temperaturas, fogo e longos períodos de seca (Apezzato-da-Glória 2003; Klimesova e Klimes, 2007). Sistemas subterrâneos gemíferos podem atuar como estruturas de propagação vegetativa (Hayashi e Apezzato-da-Glória, 2005), para o armazenamento de água (Apezzato-da-Glória, 2008) e de compostos de reserva (Alonso e Machado, 2007), principalmente de carboidratos não estruturais (sacarose, amido e frutose) e de lipídios (Apezzato-da-Glória, 2008).

A presença de carboidratos em sistemas subterrâneos de espécies de formações savânicas permite a rápida reposição de tecidos de órgãos aéreos perdidos pela exposição a perturbações ambientais (Alonso e Machado, 2007) e auxilia na aquisição e/ou retenção de água nestas estruturas (Apezzato-da-Glória, 2008) e a disponibilidade de carboidratos pode ser fator limitante na formação de gemas nestas espécies (Klimesova e klimes 2007, Bowen e Pate, 1993). A utilização de recursos fornecidos por sistema subterrâneo mais desenvolvido garantiria o crescimento mais acelerado e a ocupação mais rápida do espaço, em comparação a indivíduos oriundos de sementes (Greig, 1993).

Apesar da relevante importância dos sistemas subterrâneos quanto aos aspectos ecofisiológicos e econômicos, estudos morfo-anatômicos envolvendo estas estruturas ainda são escassos, diante da grande diversidade encontrada nos diferentes ambientes (Milanez e Moraes-Dallaqua, 2003). Entre os estudos morfo-anatômicos com sistemas subterrâneos gemíferos destacam-se os realizados para espécies herbáceas ocorrentes no Cerrado realizados por Apezzato-da-Glória e Estelita (2000), Machado *et al.* (2004), Vilhalva e Apezzato-da-Glória(2006), Apezzato-da-Glória *et al.* (2008), entre outros.

As raízes gemíferas em espécies arbóreas, são longas e paralelas à superfície do solo, originadas na porção basal da raiz pivotante ou na região de transição entre o caule e a raiz. São capazes de formar gemas adventícias e, portanto, emitir ramos caulinares aéreos (Hayashi, 2003). Estudos descritivos quanto a origem e desenvolvimento das gemas em raízes gemíferas destacam-se os realizados por Sandberg (1951), Burrows (1990) Bosela e Ewers (1997) Hayashi *et al.* (2001) e Hayashi e Apezzato-da-Glória (2009).

No Chaco predominam solos salinos, compactados, com baixa umidade e de drenagem lenta (Pennington *et al.*, 2000), fatores que limitam a disponibilidade água para o sistema radicular, e conseqüentemente o estabelecimento e crescimento das plantas (Fahn e

Cutler, 1992; Villarga *et al.*, 2010). O sistema radicular destas plantas atingem grandes profundidades em busca de água subterrânea (Larcher, 2000; Jobbágy *et al.* 2008) e formam raízes laterais efêmeras localizadas próximas à superfície do solo com função de absorver a água das chuvas (Villarga *et al.*, 2010). Nas raízes primárias de espécies de regiões secas ocorre a redução da região cortical para otimizar a absorção e aumentar o gradiente da solução do solo e o cilindro vascular (Ginzburg, 1966), floema amplo para acúmulo de fotossintatos e a presença de fibras gelatinosas com função de armazenamento de água (Paviani, 1978).

Tendências ecológicas e evolutivas no diâmetro, comprimento e a frequência dos elementos de vaso, tipo de placa de perfuração (Yang *et al.*, 2010), parênquima axial e raios parenquimáticos com acúmulo de amido (Carlquist, 2009), entre outras características, têm sido discutidos em termos da sua contribuição para a segurança e a eficiência no transporte da água em ambientes com baixa disponibilidade hídrica. Em ambientes secos, os elementos de vasos são mais curtos, estreitos e agrupados para impedir o colapso dos vasos sob altas pressões negativas (Carlquist e Hoekman, 1985).

Apesar da relevante importância dos sistemas subterrâneos gemíferos na regeneração de espécies lenhosas e das adaptações morfo-anatômicas nas raízes devido o estresse hídrico que plantas que ocorrem em regiões secas, nenhum estudo morfo-anatômico foi realizado para caracterizar estas estruturas em espécies de Leguminosae ocorrentes em formações chaquenas. Além disso, trabalhos que relacione as questões climáticas e edáficas, fatores determinantes para flora local, também não foram abordados com foco nas estruturas subterrâneas e suas funções ecológicas nas espécies deste ambiente.

Assim, neste trabalho são apresentados a morfo-anatomia de raízes de sete espécies de Leguminosae lenhosas do Chaco – *Bauhinia hagenbeckii* Harms, *Mimosa glutinosa* Malme, *M. hexandra* Micheli, *M. sensibilis* var. *urucumensis* Barneby, *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins, *Prosopis rubriflora* Hassl. e *P. ruscifolia* Griseb. - e correlacionados as características destas estruturas com as condições ambientais, principalmente referentes ao estresse hídrico. Também é descrita a natureza estrutural dos sistemas subterrâneos gemíferos de *Caesalpinia pluviosa* DC., *Machaerium eriocarpum* Benth e *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart, Leguminosae arbóreas ocorrentes no Chaco brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdon, M. M.; Silva, J.R. 2006. Fisionomias da Vegetação nas Sub-regiões do Pantanal Brasileiro. INPE 1^a. ed. São José dos Campos. .
- Adámoli, J. 1987. A vegetação do Pantanal. In: Allem, A. C. & Valls, J. F. M (Eds), Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Recursos Genéticos. Brasília.
- Adámoli, J.; Sennhauser, E.; Acero, J. M.; Rescia, A. 1990. Stress and disturbance: vegetation dynamics in the dry Chaco region of Argentina. *Journal of Biogeography* 17: 491-500.
- Alonso, A. A.; Machado, S. R. 2007. Morphological and developmental investigations of the underground system of *Erythroxylum* species from brazilian Cerrado. *Australian Journal of Botany* 55(7): 749–758.
- Alves, F.M. 2008. Papilionoideae e Caesalpinioideae de Savana Estépica Arborizada. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Amador, G. A. 2006. Composição florística e caracterização estrutural de duas áreas de Carandazais nas sub-regiões do Miranda e Nabileque, Pantanal Sul Mato-Grossense, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Appezzato-da-Glória, B. 2003. Morfologia de sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil. Ribeirão Preto. 86p.
- Appezzato-da-Glória, B. 2008. A morfologia e a função dos sistemas subterrâneos nas formações savânicas brasileiras. *Anais do Congresso Nacional de Botânica*, Natal, RN: 59: 32-34.
- Appezzato-da-Glória, B.; Estelita, M. E. M. 2000. The developmental anatomy of the subterranean system in *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson and *M. velutina* (Mart. ex Stedelm.) Woodson (Apocynaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 23: 27-35.
- Appezzato-da-Glória, B.; Cury, G.; Soares, M. K. M; Rocha, R.; Hayashi, A. H. 2008. Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. *Journal of the Torrey Botanical Society* 135 (1): 103–113.
- Bosela, M. J.; Ewers, F. W. 1997. The mode of origin of root buds and root sprouts in the clonal tree *Sassafras albidum* (Lauraceae). *American Journal of Botany* 84: 1466–1481.

- Bowen, B. J.; Pate, J. S. 1993. The significance of root starch in post-fire shoot recovery of the resprouter *Stirlingia latifolia* R.B. (Proteaceae). *Annals of Botany* 72: 7–16.
- Burrows, G. E. 1990. Anatomical aspects of root bud development in hoop pine (*Araucaria cunninghamii*). *Australian Journal of Botany* 38: 73–78.
- Carlquist, S. 2009. Xylem heterochrony: an unappreciated key to angiosperm origin and diversifications. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 26 - 65.
- Carlquist, S.; Hoekman, D. A. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. *IAWA Bull* 6 (4): 319–347.
- Fahn, A.; Cutler, D. F. 1992. *Xerophytes*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Greig, N. 1993. Regeneration mode in neotropical *Piper*: habitat and species comparisons. *Ecology* 74(7): 2125-2135.
- Ginzburg, C. 1966. Xerophytic structures in the roots of desert shrubs. *Annals of Botany* 30 (119): 403 - 418.
- Hayashi, A. H.; Penha, A. S.; Rodrigues, R. R.; Appezzato-da-Glória, B. 2001. Anatomical studies of shoot bud-forming roots of Brazilian tree species. *Australian Journal of Botany* 49, 745 - 751.
- Hayashi, A. H. 2003. Morfo-anatomia de sistemas subterrâneos de espécies herbáceo-arbustivas e arbóreas, enfatizando a origem das gemas caulinares. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Hayashi, A. H.; Appezzato-da-Glória, B. 2005. The origin and anatomy of rizophores in *Vernonia herbacea* and *V. platensis* (Asteraceae) from the Brazilian Cerrado. *Australian Journal of Botany* 53: 273-279.
- Hayashi, A. H.; Appezzato-da-Glória, B. 2009. Resprouting from roots in four Brazilian tree species. *Revista de Biología Tropical* 57 (3): 789-800.
- IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.
- Kammesheidt, L. 1999. Forest recovery by root suckers and above-ground sprouts after slash and-burn agriculture, fire and logging in Paraguay and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 15: 143-157.
- Jobbágy, E. G.; Noretto, M. D.; Villagra, P. E.; Jackson, R. B. 2008. Isotopos estables como trazadores de las fuentes de agua de bosques de algarrobo en un desierto arenoso. XXI Congreso Argentino de Ciencias del Suelo, Potrero de los Funes, San Luis.

- Klimesova, J.; Klimes, L. 2007. Bud banks and their role in vegetative regeneration – A literature review and proposal for simple classification and assessment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8: 115–129.
- Lacey, C. J.; Johnston, R. D. 1990. Woody clumps and clumpwoods. *Australian Journal of Botany* 38: 299–334.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal. Rimas, artes e textos*. São Carlos.
- Lewis, J. P.; Pire, E. F.; Prado, D. E.; Stofella, S. L.; Franceschi, E. A.; Carnevale, N. L. 1990. Plant communities and phytogeographical position of a larger depression in the Great Chaco, Argentina. *Vegetatio* 86: 25-38.
- Lewis, J. P.; Pire, E. E.; Vesprini, J. L. 1994. The mixed dense forest of the Southern Chaco. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. *Candollea* 49 (1): 159-168.
- Machado, S. R.; Oliveira, D. M. T.; Dip, M. R.; Menezes, N. L. 2004. Morfo-anatomia do sistema subterrâneo de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Asteraceae). *Revista Brasileira de Botânica* 27: 115-123.
- Milanez, C. R. D.; Moraes-Dallaqua, M. A. 2003. Ontogênese do sistema subterrâneo de *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi (Fabaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 26 (3): 415-427.
- Moglia, M.; Jofre, G. 1998. Response to clearing of woody plants in a forest of quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) and algarrobo (*Prosopis flexuosa*) in the Province of San Luis (Argentina). *Phyton* 63: 257-265.
- Mostacedo, B.; Putz, F. E. Fredericksen; T. S.; Villca, A.; Palacios, T. 2009. Contributions of root and stump sprouts to natural regeneration of a logged tropical dry forest in Bolivia. *Forest Ecology and Management* 258: 978–985.
- Noguchi, D. K., Nunes, G. P.; Sartori, A. L. B. 2009. Florística e síndromes de dispersão das espécies arbóreas de remanescentes de Chaco de Porto Murtinho, MS. *Rodriguésia* 60 (2): 353-365.
- Nunes, G. P. 2006. Estudo florístico de formações chaquenhas brasileiras e caracterização estrutural de um remanescente de Chaco de Porto Murtinho, MS, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Oliveira-Filho, A. T.; Jarenkow, J. A.; Rosal, M. J. N. 2006. Floristic relationships of seasonally dry Forest of eastern South America based on tree species distribution

- patterns. In: Pennington, R. T. *et al.* (Eds.), Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation. Oxford, 59 - 152.
- Paviani, T. I. 1978. Anatomia vegetal e Cerrado. *Ciência e Cultura* 30: 1076 - 1086.
- Penha, A. S. 1998. Propagação vegetativa de espécies arbóreas a partir de raízes gemíferas: representatividade na estrutura fitossociológica e descrição dos padrões de rebrota de uma comunidade florestal. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Pennington, R. T., Prado, D. E.; Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry Forest and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273.
- Prado, D. E.; Gibbs, P. E.; Pott, A.; Pott, V. J. 1992. The Chaco - Pantanal transition in southern Mato Grosso, Brazil. In: Furley, P. A. *et al.* (Eds.), Nature and dynamics of forest – savanna boundaries. London, 451-470.
- Prado, D. E. What is the Gran Chaco vegetation in South America? 1993. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. *Candollea* 48 (1): 145-172.
- Rodrigues, R. R.; Torres, R. B.; Matthes, L. A. F.; Penha, A. S. 2004. Tree species sprouting from root buds in a Semideciduous Forest affected by fires. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47: 127-133.
- Sandberg, D. 1951. The regeneration of quaking aspen by root suckering. Masters Thesis, School of Forestry, University of Minnesota, USA.
- Silva, M. P.; Mauro, R.; Mourão, G.; Coutinho, M. 2000. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 143-152.
- Souza, V. C.; Lorenzi, H. 2005. Fabaceae (Leguminosae). In: *Botânica sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII*. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, Nova Odessa, São Paulo, 291-328.
- Spichiger, R.; Ramella, L.; Palese, R.; Mereles, F. 1991. Proposición de leyenda para la cartografía de las formaciones vegetales del Chaco paraguayo: contribución al estudio de La flora y de la egetación de Chaco. *Candollea* 46: 541-564.
- Vilhalva, D. A. A.; Appezzato-as-Glória, B. 2006. Morfo-anatomia da raiz tuberosa de *Vernonia oxylepis* Sch. Bip. In art. Ex Baker- Asteraceae. *Acta Botânica Brasilica* 20; 591-598.

- Villarga, P. E.; Vilela, A.; Giordano, C.; Alvarez, J.A. 2010. Ecophysiology of *Prosopis* species from the arid lands of Argentina: What do we know about adaptation to stressful environments. In: Ramawat, K.G. (Ed.), *Deserts Plants*. Springer. Berlin, 321 – 340.
- Yang, S.; Furukawa, I.; Jiang, Z. 2010. Anatomical variations in the wood plants of arid areas. In: Ramawat, K.G. (Ed.), *Deserts Plants*. Springer. Pp 135 – 155.

**NORMAS DA REVISTA PARA QUAL O ARTIGO SERÁ SUBMETIDO:
JOURNAL OF ARID ENVIRONMENTS**

The *Journal of Arid Environments* is an international journal publishing original scientific and technical research articles on physical, biological and anthropological aspects of arid, semi-arid, and desert environments. As a forum of multi-disciplinary and interdisciplinary dialogue it addresses research on all aspects of arid environments and their past, present and future use. Research Areas include: Climate and Climate Change Hydrological processes and systems (i.e. vadose, surface, environmental aspects, etc) Geomorphological processes and systems (Aeolian, fluvial, slope and weathering) Soils (physical and biological aspects) Biological Sciences (basic and applied) Anthropology and human ecology (archaeology, sociology, ethnobotany, etc) Land use (agronomy, grazing, mining, tourism, etc) Conservation (theory, policy, economics) Land degradation (desertification) and rehabilitation Techniques for monitoring and management.

GUIDE FOR AUTHORS

INTRODUCTION

Research Articles: reporting original and previously unpublished work. Research papers have a reference limit of 50 cites.

Short Communications: These are concise, but complete descriptions of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Examples include descriptive research on seed-germination conditions, plant responses to salinity, animal feeding habits, etc. Short communications have a reference limit of 20 cites

Short communications should not exceed 2400 words (six printed pages), excluding references and legends. Submissions should include a short abstract not exceeding 10% of the length of the communication and which summarizes briefly the main findings of the work to be reported. The bulk of the text should be in a continuous form that does not require numbered sections such as Introduction, Materials and methods, Results and Discussion. However, a Cover page, Abstract and a list of Keywords are required at the beginning of the communication and Acknowledgements and References at the end. These components are to be prepared in the same format as used for full-length research papers. Occasionally authors may use sub-titles of their own choice to highlight sections of the text. The overall number of tables and figures should be limited to a maximum of three (i.e. two figures and one table).

Review Articles: Critical evaluation of existing data, defined topics or emerging fields of investigation, critical issues of public concern, sometimes including the historical development of topics. Those wishing to prepare a review should first consult the Editors or Associate Editors concerning acceptability of topic and length.

Think Notes: Short, one page notes describing new developments, new ideas, comments on a controversial subject, or comments on recent conferences will also be considered for publication.

Letter to the Editor: A written discussion of papers published in the journal. Letters are accepted on the basis of new insights on the particular topic, relevance to the published paper and timeliness.

Contact details for submission

Authors may send queries concerning the submission process, manuscript status, or journal procedures to the Editorial Office at jae@elsevier.com.

PREPARATION

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic illustrations.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Use correct, continuous line numbering throughout the document.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- ***Title***. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- ***Author names and affiliations***. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.
- ***Corresponding author***. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.
- ***Present/permanent address***. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author

actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters per bullet point including spaces)..

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Plant names

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either "Unpublished results" or "Personal communication" Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

Regular research papers have a reference limit of 50 cites and short communications should not exceed 20 cites.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author*: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors*: both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors*: first author's name followed by "et al." and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: "as demonstrated (Allan, 1996a, 1996b, 1999; Allan and Jones, 1995). Kramer et al. (2000) have recently shown"

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Examples: Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2000. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 1979. *The Elements of Style*, third ed. Macmillan, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 1999. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Please note that Journal names and references should be provided in full.

MORFONATOMIA DE RAÍZES DE LEGUMINOSAE LENHOSAS DO CHACO BRASILEIRO

Silva, J. R.¹ & Scremin-Dias, E.^{1,2}

¹ – Laboratório de Botânica, DBI/CCBS, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS - Campo Grande, Brasil

² – Autor para correspondência: scremin@nin.ufms.br

RESUMO

Em regiões secas a disponibilidade hídrica é o fator limitante mais importante para o estabelecimento de plantas e algumas espécies desenvolveram uma série de modificações morfo-anatômicas nas raízes para explorar água no solo e aumentar a eficiência e segurança hidráulica. Neste trabalho é descrita a morfo-anatomia das raízes de sete espécies de Leguminosae lenhosas ocorrentes em formações chaquenas – *Bauhinia hagenbeckii* Harms, *Mimosa glutinosa* Malme, *M. hexandra* Micheli, *M. sensibilis* var. *urucumensis* Barneby, *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins, *Prosopis rubriflora* Hassl. e *P. ruscifolia* Griseb. - e correlacionadas as características destas estruturas com as condições ambientais, principalmente referentes ao estresse hídrico. As sete espécies estudadas possuem raízes axiais lenhosas e ramificações próximas a superfície do solo, periderme desenvolvida, floema secundário amplo, elementos de vaso solitários ou agrupados, placa de perfuração simples, pontoações alternas na parede dos vasos, fibras gelatinosas no xilema e floema secundário; parênquima axial abundante, raios parenquimáticos uni a trisseriados e grãos de amido no parênquima externo ao floema, axial e radial do floema e do xilema secundário. Pontoações guarnecidas estão presentes em *P. ruscifolia*, *P. rubriflora*, *M. glutinosa*, *M. hexandra*, *M. sensibilis* var. *urucumensis* e *P. praecox*. O comprimento e diâmetro médio dos elementos de vaso variam entre as espécies, com menor comprimento médio em *P. rubriflora* e o maior em *P. praecox*; e o menor diâmetro médio em *B. hagenbeckii* e o maior em *P. rubriflora*. A ocorrência de características anatômicas como floema estratificado, placa de perfuração simples, pontoações guarnecidas, elementos de vaso com pequeno diâmetro, solitários ou agrupados são características encontrada nas raízes de todas as espécies de Leguminosae avaliadas e podem ser consideradas como respostas para otimizar a demanda pela alta capacidade de transporte de água em períodos de estresse hídrico.

PALAVRAS-CHAVES: *Prosopis*, *Mimosa*, regiões áridas, raízes axiais, déficit hídrico.

ABSTRACT

In species in arid regions water availability is the major limiting factor for the establishment of plants and some species have developed a series of morpho-anatomical changes in roots to exploit soil water and increase the hydraulic efficiency and safety. This work describes the morphology and anatomy of roots of seven species of woody Leguminosae occurring in formations chaquenian - *Bauhinia hagenbeckii* Harms, *Mimosa glutinosa* Malme, *M. hexandra* Micheli, *M. sensibilis* var. *urucumensis* Barneby, *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins, *Prosopis rubriflora* Hassl. and *P. ruscifolia* Griseb. - and the characteristics of these structures correlated with environmental conditions, mainly related to water stress. The seven species have woody roots and branches thrust near the soil surface, developed periderm, cortex narrow, phloem broad, vessel elements grouped or solitary, simple perforation plates, alternate pits in the vessel wall, gelatinous fibers, axial parenchyma abundant, ray parenchyma and 1 – 3 serials and the starch grains in the cortical parenchyma, axial and radial secondary xylem and phloem. Vestured pits are present in *P. ruscifolia*, *P. rubriflora*, *M. glutinosa*, *M. sensibilis* var. *urucumensis* and *P.praecox*. The length and diameter of vessel elements vary among species, with lower average length of *P. rubriflora* and the largest in *P. praecox*, and the smallest diameter in *B. hagenbeckii* and the largest in *P. rubriflora*. The occurrence of anatomical features such as narrow cortex, phloem stratified, simple perforation plate, vestured pits, vessel elements with small diameter, solitary or grouped features are found in the roots of all species of Leguminosae assessed and may be seen as responses to optimize the demand for high capacity transport of water during periods of water stress.

KEY WORDS: *Prosopis*, *Mimosa*, arid regions, axial roots, water deficit.

INTRODUÇÃO

A planície chaquenha está distribuída nas regiões norte e central da Argentina, leste do Paraguai, sudeste da Bolívia e extremo oeste do Brasil (Prado 1993). No Brasil, somente o município de Porto Murtinho, em Mato Grosso do Sul possui áreas desta formação (Silva *et al.*, 2000; Nunes 2006). O Chaco apresenta formação de florestas secas, xerófitas, savânica com estrato arbustivo descontínuo que se desenvolvem em solo salino, compacto e de drenagem lenta o que causa geralmente a inundação temporária de algumas áreas (Pennington *et al.*, 2000)

Em regiões secas, como o Chaco, a disponibilidade de água é o fator limitante mais importante para o estabelecimento de plantas (Villarga *et al.*, 2010). Os fatores edáficos também podem controlar o estabelecimento e crescimento das plantas nestes ambientes como, por exemplo, a textura do solo pode ser fator mecânico que controla penetração das raízes (Brar e Palazzo, 1995), a salinidade pode afetar a sobrevivência por meio dos efeitos tóxicos de certos íons e pela variabilidade espacial e temporal na distribuição de nutrientes (Munns 2002). Algumas espécies possuem uma série de modificações para minimizar a perda de água por transpiração ou evaporação e aumentar a eficiência e segurança hidráulica (Yang *et al.*, 2010). Raízes de espécies que crescem em condições extremas apresentam raiz primária com córtex estreito (Ginzburg, 1966) e endoderme com estrias de Caspary mais desenvolvidas do que em espécies mesófitas, fibras com protoplasma vivo e função de armazenamento de reserva (Fahn e Cutler, 1992) e fibras gelatinosas (Paviani, 1978).

As tensões geradas pelo déficit hídrico podem levar a formação de bolhas de ar dentro dos vasos, diminuindo ou até mesmo interrompendo o fluxo de água (Hacke e Sperry, 2001). Elementos de vaso produzidos sob condições de seca têm diâmetro reduzido e proporcionalmente paredes secundárias mais grossas, o que permite suportar tensões mais elevadas, sem entrar em colapso (Hacke *et al.*, 2001), e prevenir a cavitação. Assim, a eficiência e segurança hidráulica dependem do diâmetro dos elementos de vaso, extensão, densidade e o grau de conexão entre eles (Tyree e Zimmermann, 2002). A presença de pontoações guarnecidas em espécies de regiões com marcado estresse hídrico exerce importante papel no fluxo de água no corpo da planta, diminuindo o risco de rompimento da membrana da pontoação pelas bolhas de ar formadas após a ocorrência de embolias (Jansen *et al.*, 2004).

Neste trabalho, é apresentada a descrição morfo-anatômica de raízes de *Bauhinia hagenbeckii* Harms, *Mimosa glutinosa* Malme, *M. hexandra* Micheli, *M. sensibilis* var. *urucumensis* Barneby, *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins, *Prosopis rubriflora* Hassl. e *P. ruscifolia* Griseb. espécies de Leguminosae lenhosas ocorrentes no Chaco brasileiro e correlacionadas as características destas estruturas com as condições ambientais, principalmente referentes ao estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

As raízes das sete espécies de Leguminosae avaliadas (Tabela 1) foram coletadas em remanescente de Chaco em Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil, especificamente na fazenda Retiro Conceição (21°41'0.50"S, 57°46'42.90"W) e Fazenda Flores (21°43'00,5" S, 57°53'57,3" W), área classificada de acordo com IBGE (1992), respectivamente, como Savana Estépica Arborizada e Savana Estépica Florestada.

Ramos portando flores e/ou frutos e partes vegetativas foram coletados e herborizados segundo técnicas usuais para determinação botânica e depositados no Herbário CGMS/ UFMS, em Campo Grande/MS.

Tabela 1. Relação das espécies de Leguminosae do Chaco, seguida da subfamília e do número de depósito no herbário.

Espécies	Subfamília	Herbário
<i>Bauhinia hagenbeckii</i> Harms	Caesalpinioideae	CGMS 21109
<i>Mimosa glutinosa</i> Malme	Mimosoideae	CGMS 24329
<i>M. hexandra</i> Micheli	Mimosoideae	CGMS 25423
<i>M. sensibilis</i> var. <i>urucumensis</i> Barneby	Mimosoideae	CGMS 19071
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins	Caesalpinioideae	CGMS 23794
<i>Prosopis rubriflora</i> Hassl.	Mimosoideae	CGMS 21962
<i>Prosopis ruscifolia</i> Griseb.	Mimosoideae	CGMS 23786

Foram coletadas raízes de cinco indivíduos de cada espécie, por meio de escavações de até 50 cm de profundidade, devido à dificuldade de alcançar maiores profundidades, em decorrência da compactação do solo. As raízes foram fixadas em FAA 70 (Formaldeído - ácido acético - álcool etílico 70%; 1:1:18 v/v) por 48 horas (Johansen, 1940), posteriormente armazenados em álcool etílico 70%, e seccionadas nos planos transversal, longitudinal tangencial e radial nas regiões proximal, mediana e apical (Fig. 1).

Para a confecção das lâminas semi-permanentes, o material foi seccionado em micrótomo de deslize, clarificado em hipoclorito de sódio a 20%, corado em azul de astra e safranina aquosa 1% (modificado de Kraus e Arduin, 1997) e montadas lâminas em glicerina 50%. Para detectar a presença de amido foi utilizado o reagente cloreto de zinco iodado (Strasburger, 1913).

Fragmentos do xilema secundário foram macerados em mistura de peróxido de hidrogênio 3% e ácido acético glacial 98% na proporção de 1:1 (v/v), corados em safranina etanólica 1% e montados em glicerina 50% (modificado de Franklin, 1945 *apud* Kraus e Arduin, 1997).

Para as análises em MEV, fragmentos do lenho foram desidratados em série alcoólica até 100%, aderidos no porta-objeto e metalizadas em ouro no Denton Vacuum Desk III. Observações e fotos foram feitas com o auxílio dos Microscópios Eletrônicos de Varredura JEOL JSM-6880LV.

A documentação morfológica foi obtida por meio de câmera fotográfica digital e para o registro das estruturas anatômicas foi utilizado microscópio fotônico *Leica* DM 5500B acoplado ao sistema de captura de imagem, e projetadas as escalas micrométricas correspondentes.

Para quantificar o comprimento e diâmetro dos elementos de vasos foram mensurados 30 células, por meio do programa *Leica* Application Suite e os valores apresentados na Tabela 2 com os valores mínimo, médio e máximo, seguidos de desvio padrão de cada espécie estudada.

RESULTADOS

Parkinsonia praecox (Fig. 1), *Prosopis ruscifolia*, *P. rubriflora*, *Mimosa glutinosa*, *M. hexandra*, *Bauhinia hagenbeckii* (Figura 2) e *M. sensibilis* var. *urucumensis* (Figura 3) possuem raízes axiais lenhosas e com poucas raízes laterais, distribuídas próximas à superfície do solo. O sistema de revestimento das raízes possui coloração avermelhada em *P. ruscifolia* e *P. rubriflora*, marrom em *B. hagenbeckii* e *M. sensibilis* var. *urucumensis* e amarelada em *P. praecox*, *M. glutinosa* e *M. hexandra*, sem odor característico.

As sete espécies avaliadas possuem raízes tetrarcas (Figura 4), periderme bem desenvolvida com felema com 10 a 20 camadas de células suberizadas, achatadas radialmente (Figura 5), feloderme pouco desenvolvida, composta 2 a 4 camadas celulares (Figuras 8). Lenticelas presentes em *P. ruscifolia*, *B. hagenbeckii*, *M. glutinosa*, *M. sensibilis* var. *urucumensis* e *M. hexandra* (Figura 6).

O parênquima externo ao floema secundário é estreito em todas as espécies com 3 a 8 camadas de células (Figuras 5) com grãos de amido, em *M. glutinosa* e *B. hagenbeckii* ocorrem aglomerados de fibras gelatinosas (Figura 7) e em *P. praecox*, *P. ruscifolia* (Figura 8), *M. glutinosa* e *B. hagenbeckii* cristais de oxalato de cálcio nesta região. *M.*

sensibilis var. *urucumensis* e *P. praecox* apresentam faixa contínua de 3 a 5 fileiras de macroesclereídes limitando a região cortical do floema secundário (Figura 5). Em *P. ruscifolia* ocorre faixa descontínua de células lignificadas (Figura 8) similar a observada em *M. sensibilis* var. *urucumensis* e *P. praecox*, contudo com parede celular visivelmente mais delgada.

O floema secundário de *B. hagenbeckii*, *M. hexandra*, *M. glutinosa*, *M. sensibilis* var. *urucumensis*, *P. ruscifolia*, *P. rubriflora* é estratificado com faixas tangenciais limitantes de fibras gelatinosas (Figuras 9 e 14) e ocupa ampla extensão da casca (Figura 9). *P. praecox* possui floema secundário ocupando menor extensão que as demais espécies avaliadas, não estratificado e com fibras gelatinosa solitárias ou em aglomerados de 3 a 5 células (Figura 10). Elementos condutores do floema de *B. hagenbeckii* e *P. praecox* permanecem íntegros, não colapsados (Figura 11) e alguns se tornam colapsados em parte do floema de *M. hexandra*, *M. glutinosa* (Figura 12), *M. sensibilis* var. *urucumensis*, *P. ruscifolia* e *P. rubriflora*. Os raios parenquimáticos do floema variam 1 a 3 células de largura em todas as espécies (Figura 14) e em *P. ruscifolia*, *M. sensibilis* var. *urucumensis*, *M. glutinosa*, *M. hexandra* e *P. praecox* o alargamento dos raios ocorre por meio de divisões anticlinais e alongamento tangencial das células (Figuras 13 e 14). No parênquima axial de todas as espécies analisadas predominam células volumosas (Figura 13) com acúmulo de amido.

As raízes de todas as espécies avaliadas são tetrarcas (Figura ???), com elementos de vaso solitários, em múltiplos em série de 2-6 ou ainda em aglomerados de 3 a 12 células (Figuras 15, 16 e 22), com ou sem apêndice em uma ou ambas as extremidades (Figuras 17 e 18), placa de perfuração simples (Figura 17), pontoações alternas nas paredes dos vasos (Figura 19) e pontoações guarnecias em *P. ruscifolia* (Figura 20), *P. rubriflora*, *M. glutinosa*, *M. hexandra*, *M. sensibilis* var. *urucumensis* e *P. praecox*. Fibras gelatinosas (Figura 21) ocorrem em todas as espécies; Parênquima axial abundante com grãos de amido (Figuras 22), neste algumas células são subdivididas, com cristais prismáticos, formando série cristalífera (Figura 23). Raios parenquimáticos uni a trisseriados (Figura 24) com células procumbentes em todas espécies e com amido (Figuras 25).

O comprimento e diâmetro médio dos elementos de vaso variam entre as espécies (Tabela 2), com menor valor médio do comprimento (105,9 μm) obtido para *P. rubriflora* e o maior valor médio (187,1 μm) para *P. praecox*; o menor valor médio do diâmetro (20,8 μm) ocorre em *B. hagenbeckii* e o maior (56,5 μm) em *P. rubriflora*. As espécies que

apresentaram maior amplitude de variação no comprimento e diâmetro dos elementos de vaso foram, respectivamente, *M. sensibilis* var. *urucumnensis* e *P. rubriflora*. Na Tabela 2 são apresentados os valores mínimo, média, e máximo, seguidos do desvio padrão dos elementos de vaso das sete espécies analisadas.

Tabela 2: Valores mínimo, médio e máximo, seguidos do desvio padrão obtidos para o comprimento e diâmetro dos elementos de vaso dos sistemas subterrâneos das espécies de Leguminosae coletados em remanescentes de Chaco no município de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Espécies	Comprimento (μm)	Diâmetro (μm)
<i>Bauhinia hagenbeckii</i>	(94,1)- 122,2 -(201,2) \pm 27,2	(13,8)- 20,8 -(39,8) \pm 9,0
<i>Mimosa hexandra</i>	(50,3)- 118,4 -(150,5) \pm 23,9	(15,5)- 27,7 -(55,9) \pm 10,7
<i>M. glutinosa</i>	(84,3)- 132,8 -(214,8) \pm 35,2	(13,8)- 51,7 -(78,3) \pm 18,8
<i>M. sensibilis</i> var. <i>urucumnensis</i>	(69,1)- 146,1 -(210,1) \pm 39,7	(9,7)- 29,8 -(59,9) \pm 16,4
<i>Parkinsonia praecox</i>	(106,5)- 187,1 -(262,1) \pm 37,6	(10,8)- 33,4 -(56,6) \pm 13,0
<i>Prosopis rubriflora</i>	(56,5)- 105,9 -(172,9) \pm 30,4	(15,2)- 56,5 -(82,3) \pm 15,6
<i>P. ruscifolia</i>	(64,1)- 138,7 -(183) \pm 27,1	(13,4)- 24,2 -(46,9) \pm 12,8

DISCUSSÃO

As sete espécies estudadas apresentam raízes axiais intactas e com algumas raízes laterais finas e superficiais. Fahn e Cutler (1992) sugerem que espécies que ocorrem em ambientes secos, principalmente em solos compactos e de baixa umidade, desenvolvam sistema radicular profundo e penetrante, que pode atingir até mesmo o lençol freático, para extrair a água subterrânea, e a formação de raízes laterais próximas a superfície do solo, para absorver a água das chuvas. Para Larcher (2000) a morfologia do sistema radicular desenvolve-se seguindo um padrão particular para cada espécie e estende-se conforme a disponibilidade hídrica, a estrutura e a profundidade do solo do local. Ainda de acordo com o autor, a capacidade das raízes axiais em plantas de regiões áridas responderem à deficiência hídrica, crescendo permanentemente à procura de água, é um importante pré-requisito para a exploração eficiente dos recursos hídricos do solo, principalmente em solos compactados, a exemplo do solo encontrado no Chaco. No entanto, é temeroso afirmar que as raízes das espécies avaliadas alcancem grandes extensões, devido às

escavações terem sido a apenas 50 cm de profundidade, em decorrência da compactação do solo da região.

A primeira evidência direta do uso de águas subterrâneas por espécies que habitam regiões áridas foi recentemente encontrada em *Prosopis flexuosa* e *P. alpataco*, por meio da análise da composição isotópica da água no xilema (Jobbágy *et al.* 2008). Neste trabalho, os autores demonstraram que indivíduos de *P. flexuosa* que crescem em áreas onde a profundidade do lençol freático varia 7 a 13 m, absorvem a água subterrânea durante o período seco, e durante o período chuvoso acessam a água disponível no solo, devido a precipitação. Já indivíduos de *P. alpataco* utilizam exclusivamente águas subterrâneas, tanto em períodos secos quanto chuvosos. Estes trabalhos evidenciam a importância de agregar futuros estudos ecofisiológicos para elucidar a forma de absorção da água pelas raízes e a a profundidade alcançada, para comprovar as interpretações morfológicas aqui apresentadas para as sete espécies avaliadas.

Floema estratificado predomina nas espécies avaliadas, com exceção de *P. praecox*. Para Oliveira e Marquis (2002) *apud* Machado *et al.* (2005) a ocorrência de faixas alternas de fibras com células condutoras e parenquimáticas do floema secundário em raízes, pode ser considerada adaptação às condições de solo compacto e seco, características dos solos do Chaco. Para os autores, faixas tangenciais de fibras podem servir como barreira de proteção mecânica contra o colapso das células vivas do floema secundário ou também podem indicar incrementos de crescimento no floema secundário das raízes (Machado *et al.* 2005).

A ocorrência de limites definidos entre floema colapsado e não colapsado observados para as espécies de *M. hexandra*, *M. glutinosa*, *M. sensibilis* var. *urucumensis*, *P. ruscifolia* e *P. rubriflora*, já foram descritos anteriormente para os caules de *Acacia polyphylla*, *Copaifera langsdorffii*, *Dimorphandra mollis*, *Hymenaea courbaril* e *Mimosa laticifera*, espécies de Leguminosae ocorrentes em cerrado e matas de galerias (Costa *et al.*, 1997), contudo a relação destas estruturas com características ambientais não foi relatada na literatura consultada.

Raios dilatados no floema secundário de *M. hexandra*, *M. glutinosa* e *P. praecox* resultam da expansão circunferencial da casca, por meio da formação de tecido de dilatação que pode ser originado da divisão das células do parênquima axial ou radial (Evert, 2006). Nas espécies de *P. rubriflora*, *M. sensibilis* var. *urucumensis* e *B. hagenbeckii* os raios dilatados não são evidentes pois as células que compõem os raios são

dispersas, entremeadas com as células do parênquima externo ao floema secundário, que são divididas em vários planos para adaptar-se ao alargamento radial do eixo (Costa *et al.*, 1997).

A ocorrência de fibras gelatinosas, tanto no floema quanto no xilema secundário de todas as espécies estudadas, esta relacionada à função de armazenamento de água, devido a condição de déficit hídrico daquele ambiente. A capacidade de armazenamento hídrico das fibras gelatinosas ocorre devido a camada interior, celulósica e hidrofílica, que possui grande capacidade de absorção de água (Metcalf e Chalk, 1985; Carlquist, 2001), característica importante para espécies presentes no ambiente do Chaco.

Elementos de vaso com diâmetro estreito, presentes nas sete espécies estudadas, é uma característica que está associada à segurança hidráulica do sistema de condução em espécies de ambientes áridos (Villarga, 2010). Em ambientes sazonais onde se alternam alta exigência na condutividade com a segurança, vasos com diferentes diâmetros são necessários para suprir esta demanda (Baas *et al.*, 2004). Além disso, a variação de diâmetro dos vasos nas raízes pode estar relacionada à maior vulnerabilidade a embolia, quando comparado com os caules (Alder *e. al.*, 1996). Apesar dos vasos estreitos imporem resistência à condução, eles são menos vulneráveis as formação de bolhas de ar, proporcionando assim a segurança durante o período de seca (Psaras e Sofroniou, 2004). Assim, a combinação numa mesma espécie, de elementos de vaso com diâmetro amplo e elementos de vaso mais estreitos constitui-se em vantagem adaptativa às espécies que ocorrem naturalmente em ambientes marcados pelo estresse hídrico.

Davis *et al.* (1999) encontraram forte correlação entre cavitação induzida por congelamento e o diâmetro médio dos vasos. Espécies com vasos de diâmetro médio de 30 μm não formaram bolhas de ar em seu interior quando submetidas ao estresse hídrico por congelamento, já as espécies com vasos de diâmetros maiores que 40 μm , quando submetidas às mesmas condições, foram quase totalmente embolizados, já as espécies com vasos de diâmetro médio de 30 μm a 40 μm apresentaram cavitação parcial. Apesar do estresse hídrico avaliado pelo autor ser induzido pelo congelamento, os resultados obtidos neste trabalho, quanto ao diâmetro médio dos elementos de vaso, mostram que as espécies avaliadas, com exceção de *Prosopis rubriflora* e *Mimosa glutinosa* possuem vasos com diâmetro médio abaixo de 40 μm , resultados que podem estar fortemente relacionado à resistência à cavitação, comuns em espécies sujeitas ao estresse hídrico.

Todas as espécies avaliadas também apresentaram variação no comprimento dos elementos de vaso. Para Bass e Carlquist (1985), não há consenso para o possível significado funcional da variação no comprimento dos elementos de vaso, uma vez que esta característica pode ser resultante da dinâmica das divisões cambiais multiplicativas e aditivas. Assim, elemento formado em períodos de disponibilidade hídrica poderá ter comprimento e diâmetro maiores, que aqueles formados em períodos de restrição na disponibilidade hídrica. Além disso, outro fator a ser considerado de acordo com os resultados aqui apresentados refere-se aos diâmetros médios bem distintos, obtidos para espécies do mesmo gênero. Entre as três espécies do gênero *Mimosa*, somente *M. glutinosa* apresentou diâmetro médio acima de 50 μm , e nas espécies do gênero *Prosopis*, apenas *P. rubriflora* apresentou diâmetro médio acima deste valor.

A presença de vasos agrupados obtidos para todas as espécies avaliadas, também é citada como tendência relatada para espécies de ambientes secos e característica comum a alguns gêneros das subfamílias Mimosoideae e Caesalpinoideae (Metcalf e Chalk, 1950). Este fator poder ser em resposta a disponibilidade de água, melhorando a segurança na condução hidráulica, durante períodos de seca física ou fisiológica (Alves e Angyalossy-Alfonso, 2000). Plantas com esta característica poderiam manter o fluxo hídrico no caso de embolias pelos vasos vizinhos daqueles colocados fora de função (Hacke e Sperry, 2001).

Placas de perfuração simples visualizadas em todas as espécies avaliadas é característica comum à família Leguminosae (Solereder, 1908) e predominam em plantas de ambientes de clima quente e seco, com a demanda sazonal ou permanente de maior eficiência hidráulica (Jansen *et al.*, 2004). Isto pode ser satisfatoriamente explicado em termos de diminuição da resistência ao fluxo, e sua conservação em áreas propensas a embolia induzida pela seca constitui vantagem para impedir a formação de bolhas de ar nos vasos e, conseqüentemente, favorecer a sua dissolução em um estágio posterior (Wheeler e Baas, 1991).

A presença de pontoações guarnecidas é característica marcante em alguns gêneros da família Leguminosae (Carlquist, 2001) e foram observados no presente trabalho em *P. ruscifolia*, *P. rubriflora*, *M. hexandra*, *M. glutinosa*, *M. sensibilis* var. *urucumensis* e *P. praecox*. Jansen *et al.* (2004) afirmaram que espécies de ambientes secos são susceptíveis a altas pressões negativas no xilema, e que as pontoações guarnecidas desempenhariam importante papel na prevenção da ruptura da membrana de pontoação, por fornecer suporte mecânico, reduzindo a probabilidade de propagação do ar entre os vasos em casos de

embolias. Todas as espécies apresentam parênquima axial com acúmulo de amido, que para Carlquist (2009), amido no parênquima axial auxilia na manutenção da coluna de água nos vasos e na recarga dos vasos embolizados, muitas vezes, como resultado da pressão da raiz. Parênquima axial com acúmulo de amido poderia ser responsável pela liberação de açúcares nos vasos embolizados, aumentando a pressão osmótica e mantendo a coluna de água (Salleo *et al.*, 2004). Alves e Angyalossy-Alfonso (2002) encontraram parênquima axial abundante em espécies da flora brasileira de baixas latitudes, especificamente nas regiões Norte e Nordeste, corroborando os resultados de Wheeler e Baas (1991), que afirmam que a ocorrência de parênquima axial abundante como característica das regiões tropicais.

Raios com uma a três células de largura com células procumbentes foram encontrados nas sete espécies aqui avaliadas e são mais frequentes em espécies de ambientes secos, a exemplo de espécies da caatinga (Alves e Angyalossy-Alfonso, 2002). Esta característica está associada ao transporte radial e, mais significativamente, ao armazenamento de fotossintatos (Carlquist, 2007).

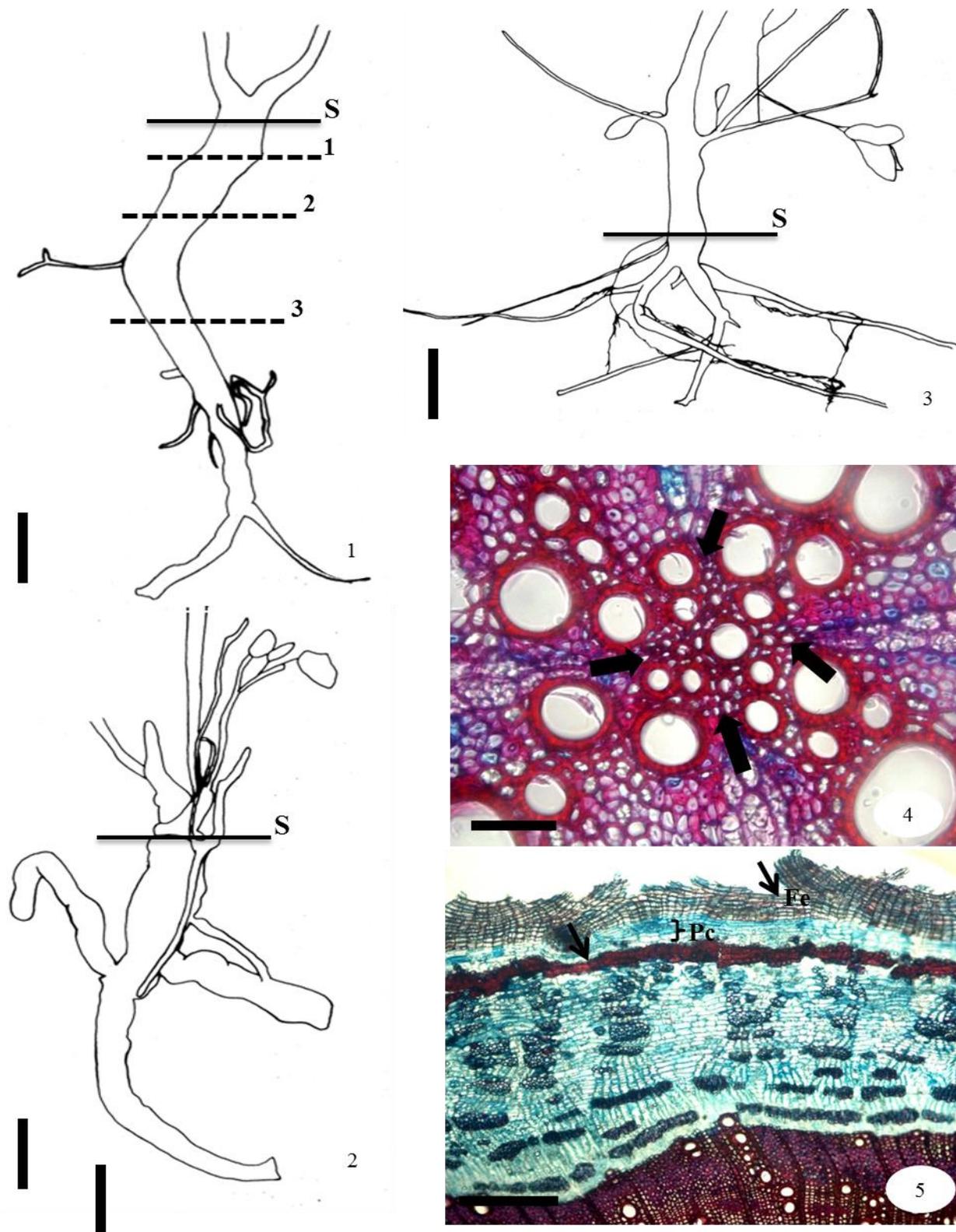
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alder, N.N.; Sperry, J.S.; Pockman WT. 1996. Root and xylem cavitation, stomatal conductance, and leaf turgor in *Acer grandidentatum* across a soil moisture gradient. *Oecologia* 105: 203 - 301.
- Alves, E. S.; Angyalossy-Alfonso, V. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species .1. growth rings and vessels. *IAWA Journal* 21(1): 3 - 30.
- Alves, E. S.; Angyalossy-Alfonso, V. 2002. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. *IAWA Journal* 23 (4): 391 - 418.
- Baas, P.; Carlquist, S. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *IAWA Bulletin* 6: 349 - 353.
- Baas, P; Ewers, F. W.; Davis, S. D.; Wheeler, E. A. 2004. Evolution of xylem physiology. In: Imogen Poole e Alan Hemsley (Ed.), *Evolution of Plant Physiology*. Linnean Society Symposium Series 21. Elsevier (Oxford), p 273 - 295.
- Brar G. S.; Palazzo A. J. 1995. Shoot and root development of tall and hard fescues in two different soils. *Journal of Environmental Quality* 24: 771 - 781.

- Carlquist, S. 2001. Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. 2^a ed Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 448 p.
- Carlquist, S. 2007. Bordered pits in ray cells and axial parenchyma: the histology of conduction, storage and strength in living wood cells. *Botanical Journal of the Linnean Society* 153: 157 - 168.
- Carlquist, S. 2009. Xylem heterochrony: an unappreciated key to angiosperm origin and diversifications. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 26 - 65.
- Costa, C. G.; Coradin, V. R.; Czarneski, C. M.; Pereira, B. A. S. 1997. Bark anatomy of arborescent Leguminosae of cerrado and gallery forest of central Brazil. *IAWA Journal* 18 (4): 385 - 399.
- Davis, S. D.; Sperry, J. S.; Hacke, U. 1999. The relationship between xylem conduit diameter and cavitation caused by freezing. *American Journal of Botany* 86 (10): 1367 - 1372.
- Fahn, A.; Cutler, D. F. 1992. Xerophytes. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Franklin, G. L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resincomposites, and a new macerating method for wood. *Nature* 155: 51.
- Ginzburg, C. 1966. Xerophytic Structures in the Roots of Desert Shrubs. *Annals of Botany* 30 (119): 403 - 418.
- Hacke, U.G.; Sperry, J.S.; 2001. Functional and ecological xylem anatomy. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 4, 97 - 115.
- Hacke, U. G.; Sperry, J. S.; Pockman, W. T.; Davis, S. D.; McCulloh, K. A. 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia* 126: 457 - 461.
- IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, p. 89.
- Jansen, S.; Baas, P.; Gasson, P.; Lens, F.; Smets, E. 2004. Variation in xylem structure from tropics to tundra: evidence from vestured pits. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101: 8833 - 8837.
- Jobbágy, E. G.; Noretto, M. D.; Villagra, P. E.; Jackson, R. B. 2008. Isotopos estables como trazadores de las fuentes de agua de bosques de algarrobo en un desierto arenoso. XXI Congreso Argentino de Ciencias del Suelo, Potrero de los Funes, San Luis.

- Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. New York: McGraw-Hill Book Company. 523p.
- Kraus, J. E.; Arduin, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural do Rio de Janeiro.
- Larcher, W. 2000. Ecofisiologia Vegetal. Rimas, artes e textos. São Carlos.
- Metcalf, C. R.; Chalk, L. 1950. Anatomy of dicotyledons. Clarendon Press, Oxford, 1500 p.
- Metcalf, C. R.; Chalk, L. 1985. Anatomy of the dicotyledons. Clarendon Press. Oxford. 297 p.
- Machado, S. R.; Marcati, C. R.; Morretes, B. L.; Angyalossy V. 2005. Comparative bark anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). IAWA Journal 26 (4): 477 - 487.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment 25: 239 - 250
- Nunes, G. P. 2006. Estudo florístico de formações chaquenas brasileiras e caracterização estrutural de um remanescente de Chaco de Porto Murtinho, MS, Brasil. Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 77p.
- Oliveira, P.S.; R. J. Marquis. 2002. The cerrados of Brazil. Columbia University Press, New York.
- Paviani, T. I. 1978. Anatomia vegetal e Cerrado. Ciência e Cultura 30: 1076 - 1086.
- Psaras, G. K.; Sofroniou, I. 2004. Stem and root wood anatomy of the shrub *Phlomis fruticosa* (Labiatae). IAWA Journal 25:71 - 77.
- Pennington, R. T., Prado, D. E.; Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry Forest and quaternary vegetation changes. Journal of Biogeography 27: 261 - 273.
- Prado, D. E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. V. Candollea 48 (1):145 - 172.
- Salleo, S.; Gullo, M. A.; Trifiló, P.; Nardini, A. 2004. New evidence for a role of vessel-associated cells and phloem in the rapid xylem refilling of cavitated stems of *Laurus nobilis* L. Plant, Cell and Environment 27, 1065 - 1076.
- Strasburger, E. 1913. Handbook of practical botany. 7.ed. London: George Allen, 527p.

- Solereeder, H. 1908. Systematic anatomy of the dicotyledons. Clarendon press, Oxford. V.1
664 p.
- Tyree, M. T.; Zimmermann, M. H. 2002. Xylem Structure and the Ascent of Sap. Springer-Verlag, Berlin.
- Villarga, P. E.; Vilela, A.; Giordano, C.; Alvarez, J.A. 2010. Ecophysiology of *Prosopis* species from the arid lands of Argentina: What do we know about adaptation to stressful environments. *In*: Ramawat, K.G. (Ed.), Deserts Plants. Springer. Pp. 321 – 340.
- Yang, S.; Furukawa, I.; Jiang, Z. 2010. Anatomical variations in the wood plants of arid areas. *In*: Ramawat, K.G. (Ed.), Deserts Plants. Springer. Pp 135 – 155.
- Wheeler, E.A.; Baas, P. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. IAWA Bulletin 12: 275–332.



Figuras 1- 5. 1. Visão geral da estrutura subterrânea de *P. praecox* com as regiões das secções transversal, longitudinal tangencial e radial. 2. *B. hagenbeckii*. 3. *M. sensibilis* var. *urucumensis*. 4. Raiz tetraarca em *M. glutinosa*. 5. *M. sensibilis* var. *urucumensis* com córtex limitado por faixa de esclereídes (seta). Barras: 1, 2 e 3 = 5 cm; 4 e 5 = 200 μ m. Fe = felema; Pc = parênquima cortical.

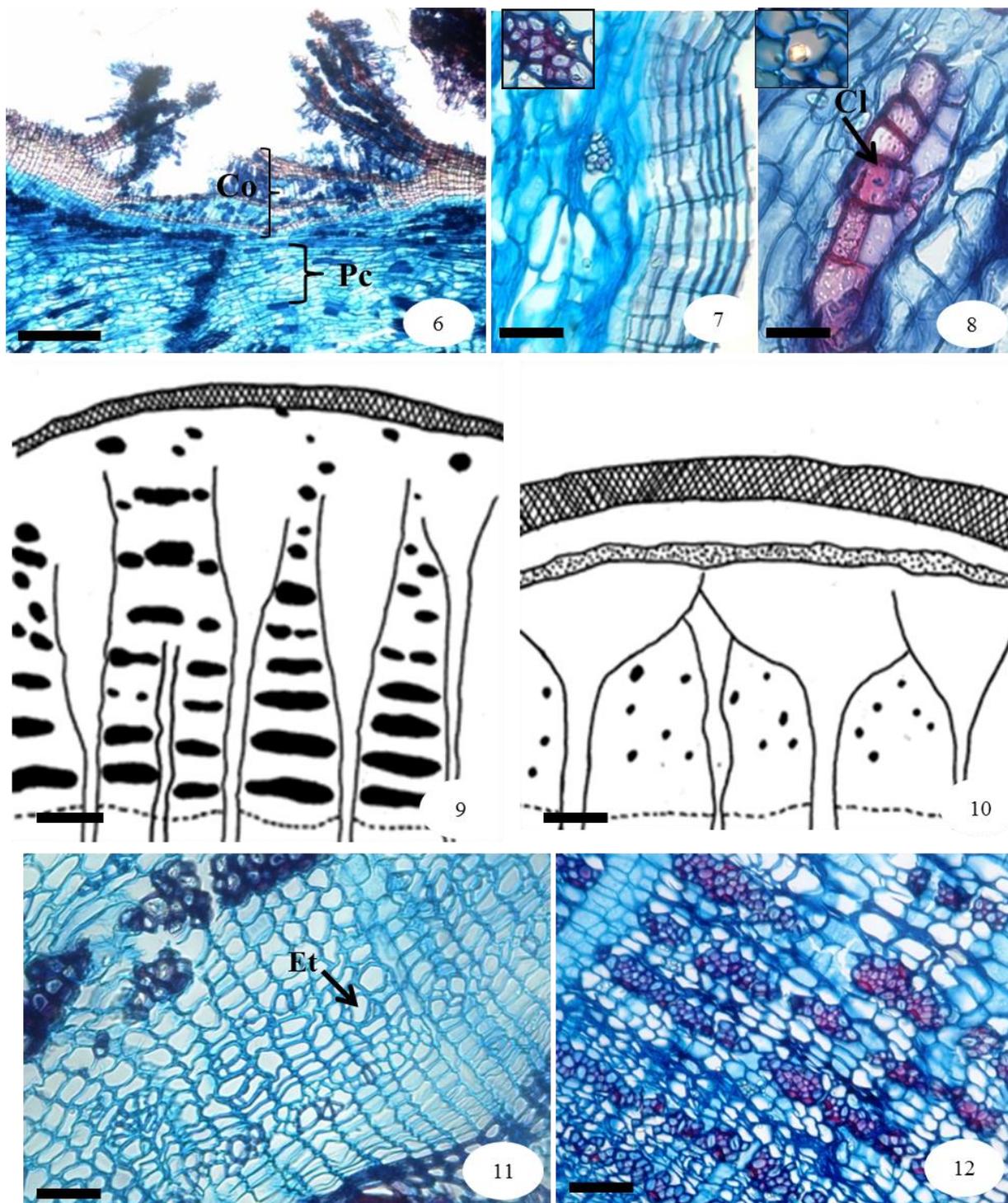


Fig. 6. Lenticelas em *M. hexandra*. 7. Córteç de *B. hagenbeckii* com fibras gelatinosas (detalhes). 8. Células lignificadas no córtex de *P. ruscifolia*, detalhe com cristais de oxalato de cálcio. 9. Floema estratificado em *M. glutinosa*. 10. Floema não estratificado com fibras gelatinosas solitárias em *P. praecox*. 11. Floema com elementos condutores não colapsados em *B. hagenbeckii*. 12. Floema com elementos condutores colapsados (seta) em *M. glutinosa*. Barras: 6, 9 e 10 = 200 μm ; 7, 8, 11 e 12 = 50 μm ; Fs = Camadas oclusoras; Pc = parênquima cortical; fe = felema; Cl = células lignificadas; Et = elemento de tubo crivado; Fl = felogênio

Parênquima e elementos de tubo crivado
 Fibras
 Câmbio vascular
 Periderme
 Esclereídes.

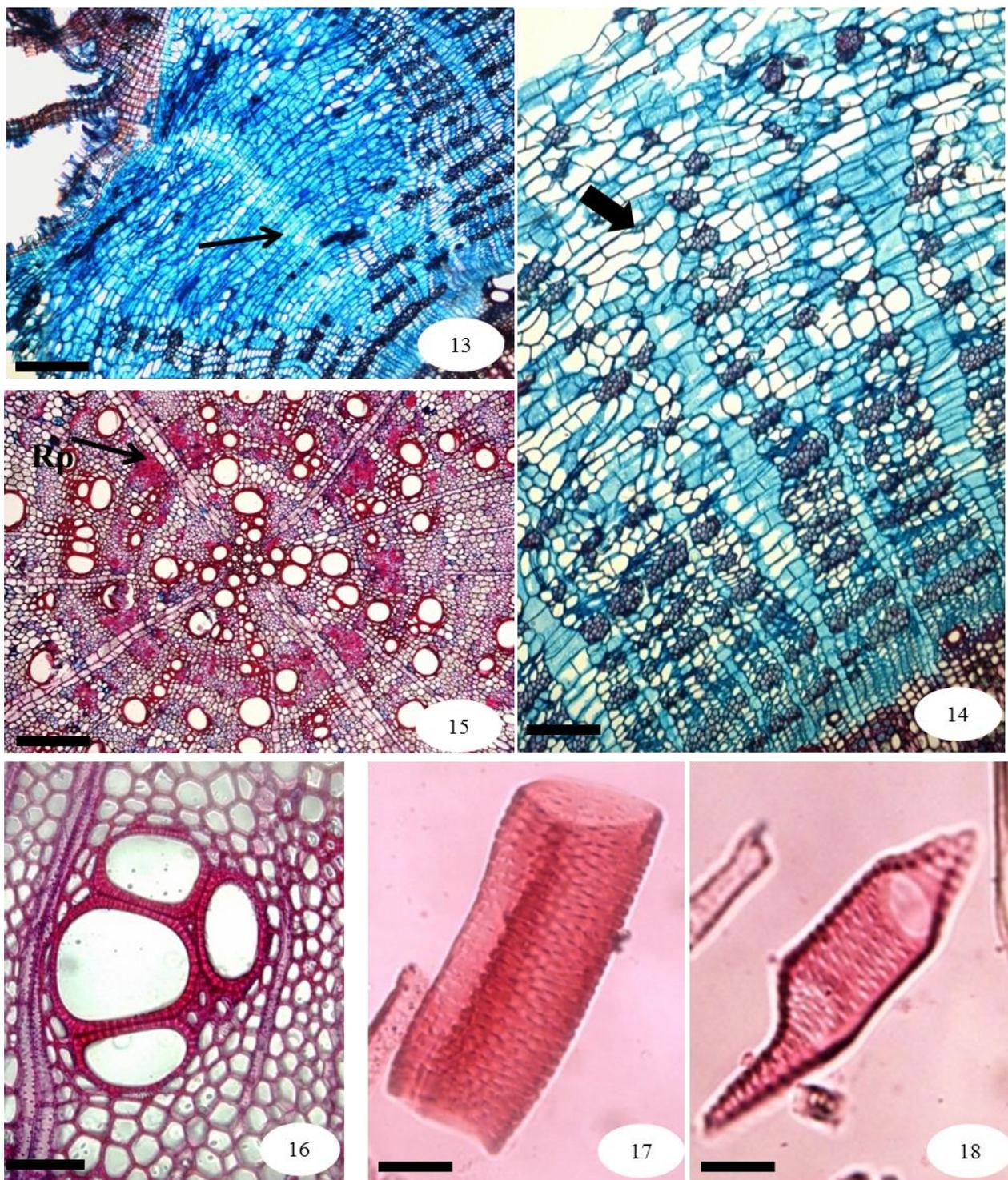
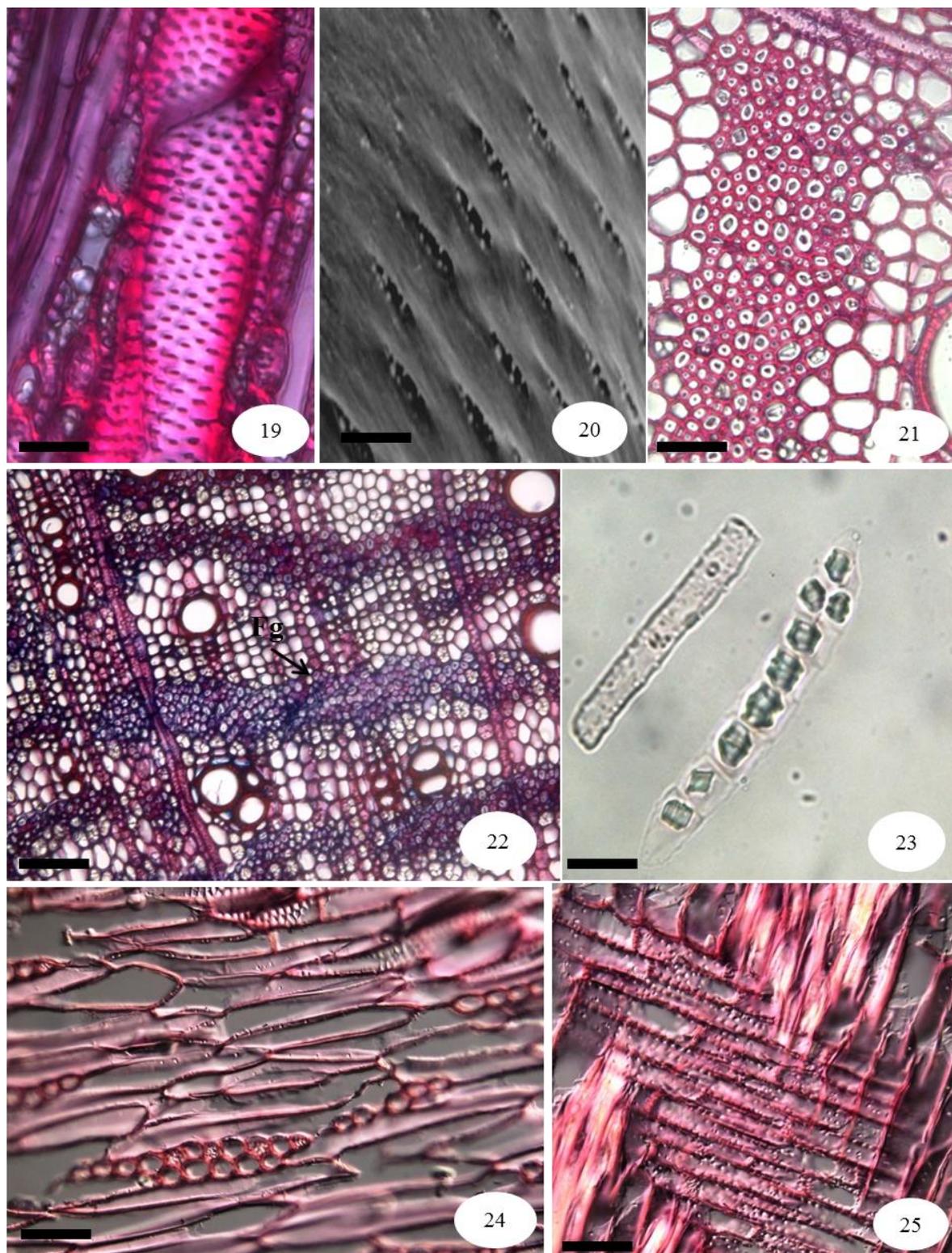


Fig. 13. Meristema de alargamento de raio (seta) em *M. hexandra*. **14.** Floema estratificado de *M. glutinosa* com células parenquimáticas volumosas (seta). **15.** Região central raiz de *M. glutinosa* com elementos de vaso solitários (*). **16.** Aglomerado de elementos de vaso em *P. ruscifolia*. **17.** Vaso com placa de perfuração simples. **18.** Elemento de vasos com apêndices nas duas extremidades. Barras: 13, 14 e 15 = 200; μm 16, 17 e 18 = 50 μm ; Fg = fibras gelatinosas; Rd = raio dilatado; et = elemento de tubo crivado;



Figs 19. Pontoações alternas na parede do elemento de vaso. **20.** Pontoações guarnecida em *P. ruscifolia*. **21.** Fibras gelatinosas no xilema secundário de *P. ruscifolia*. **22.** Parênquima axial (seta) em *M. hexandra*. **23.** Célula do parênquima axial subdividida com cristais. **24.** Secção tangencial do xilema secundário com raios parenquimáticos bisseriado. **25.** Célula do parênquima axial subdividida com cristais de oxalato de cálcio. **25.** Secção radial das células procumbentes do raio. Barras: 20 = 5 μm ; 22 = 200 μm ; 19, 23, 24 e 25 = 50 μm ; 26 = 400 μm . Fg = fibras gelatinosas.

RAÍZES GEMÍFERAS EM TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS DE LEGUMINOSAE DO CHACO

Silva, J. R.¹; Appezzato-da-Glória, B.² & Scremin-Dias, E.^{1,3}

¹ – Laboratório de Botânica, DBI/CCBS, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS - Campo Grande, Brasil

² – Departamento de Ciências Biológicas, Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Brasil

³ – Autor para correspondência: scremin@nin.ufms.br.

RESUMO

A formação de banco de gemas em espécies de áreas florestais favorece a regeneração de plantas por meio da propagação vegetativa em ambientes sujeitos à ação do fogo e períodos de seca prolongada. Apesar da relevante importância ecológica destas estruturas, nenhum estudo morfo-anatômico foi realizado em espécies de formações chaquenhas. Neste trabalho foram analisados os sistemas subterrâneos portadores de gemas nas espécies de *Caesalpinia pluviosa* DC., *Machaerium eriocarpum* Benth e *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart, ocorrentes em remanescente de Chaco. Fragmentos das raízes foram coletados em remanescente de Chaco, no município de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. Amostras dos sistemas subterrâneos portando gemas foram processadas de acordo com técnicas usuais em anatomia vegetal. As três espécies apresentam sistemas subterrâneos constituídos por raízes laterais distribuídas paralelamente à superfície do solo. A natureza radicular das estruturas foi confirmada pela maturação centrípeta do xilema primário. Em *Caesalpinia pluviosa* ocorre a formação de calo por meio da atividade diferencial do câmbio vascular, resultando na formação de fissuras, e posterior ruptura da casca devido a emergência das gemas. As gemas de *Machaerium eriocarpum* e *Lonchocarpus nudiflorens* formam-se isoladamente ou em grupos e mantem conexão vascular com xilema primário da raiz. As três espécies apresentam amido como substância de reserva. As gemas em *Caesalpinia pluviosa* são reparativas, de origem exógena e formada após o corte das raízes em campo. Em *Machareium eriocarpum* e *Lonchocarpus nudiflorens* as gemas parecem ser adicionais, pois têm conexão vascular com xilema primário da raiz.

PALAVRAS CHAVES: Anatomia, gemas reparativas, gemas adicionais, raízes gemíferas.

ABSTRACT

The formation of bud bank in favor of forest species to regenerate plants through vegetative propagation in environments subject to the action of fire and intense periods of drought. Despite the significant ecological importance of these structures, no morpho-anatomical study was performed on species chaquenians formations. In this study we assessed the underground systems in carriers of bud species of *Caesalpinia pluviosa* DC., *Machaerium eriocarpum* Benth and *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart, occurring in the remainder of Chaco. Root fragments were collected in Chaco remaining in the city of Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brazil. Samples of subterranean systems bearing buds were processed according to standard techniques in plant anatomy. The three species have underground systems consisting of roots distributed along the soil surface. The root nature of the structures was confirmed by centripetal maturation of primary xylem. In *Caesalpinia pluviosa* callus formation occurs through the differential activity of vascular cambium, resulting in the formation of cracks with the rupture of the shell from which there is the emergence of the buds. Buds *Machaerium eriocarpum* and *Lonchocarpus nudiflorens* are formed singly or in groups and maintains vascular connection with the primary xylem of the root. The three species have starch as a reserve substance. The buds are reparative in *Caesalpinia pluviosa*, and exogenous formed after cutting the roots in the field. In *Machareium eriocarpum* and *Lonchocarpus nudiflorens* buds seem to be additional, as are vascular connection with primary xylem of the root.

KEY WORD: Anatomy, reparative buds, buds additional, root buds.

INTRODUÇÃO

O termo Chaco é aplicado à vegetação que cobre uma planície de cerca de 800.000 km² de extensão, que abrange desde o cento-norte da Argentina, oeste do Paraguai, sudeste da Bolívia e parte do sudeste do Brasil (Prado, 1993). No Brasil, o Chaco situa-se na borda sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, representado apenas em algumas áreas de Porto Murtinho (Prado *et al.*, 1992).

A planície chaquenha caracteriza-se por apresentar florestas úmidas, xeromórficas e formações de aspecto savânico, compostos por um estrato arbustivo descontínuo, com predomínio de espécies de mimosoides espinescentes e formações esparsas de herbáceas

intercaladas por bromeliáceas e cactáceas (Pennington *et al.*, 2000), geralmente associada a solos salinos (Silva *et al.*, 2000) compactos e de difícil drenagem (Pennington *et al.*, 2000).

A regeneração vegetativa é importante para a recuperação de espécies de regiões secas, principalmente devido à dificuldade de estabelecimento de plântulas a partir de sementes (Mostacedo *et al.*, 2009). Estudos recentes em florestas tropicais ressaltam a importância da formação de brotos em raízes, para o processo de recuperação destas áreas após algum tipo de distúrbio, como fogo e seca (Kammesheidt, 1999; Rodrigues *et al.*, 2004; Mostacedo *et al.*, 2009). A rebrota a partir de raízes representa um processo efetivo na ocupação espacial e propagação vegetativa, pois os brotos formados nas raízes têm potencial para emergir a distâncias variáveis do tronco principal e, eventualmente, desenvolver seu próprio sistema de raízes adventícias e tornarem-se independentes (Rodrigues *et al.*, 2004).

Em espécies arbóreas e arbustivas do Cerrado ocorrem sistemas subterrâneos difusos, ou seja, são sistemas com numerosas ramificações, mais ou menos paralelas à superfície do solo e foram descritos pela primeira vez por Rizzini e Heringer (1966). Anatomicamente, esses sistemas difusos podem apresentar estrutura caulinar denominada “sóboles” ou estrutura radicular denominada “raízes gemíferas” (Apezato-da-Glória, 2003). Estudos anatômicos para confirmar a natureza anatômica dos sistemas subterrâneos difusos foi realizado por Apezato-da-Glória *et al.* (2008) na espécie de Asteraceae *Chresta sphaerocephala* e por Hayashi *et al.* (2001) e Hayashi e Apezato-da-Glória (2009) em espécies arbóreas de áreas florestais brasileiras.

A formação de banco de gemas subterrâneas em espécies de regiões secas, a exemplo do Chaco, favoreceria a regeneração destas espécies em ambientes sujeitos à ação do fogo e períodos intensos de seca (Moglia e Jofre, 1998), pois ao contrário das sementes, as raízes gemíferas encontram-se protegidas no solo (Raunkiaer, 1934) e mantêm conexão com o sistema subterrâneo, que lhes proporciona nutrição para seu desenvolvimento (Rizzini e Heringer, 1966). Com base nessas considerações, neste estudo foi analisada a morfo-anatomia dos sistemas subterrâneos gemíferos das espécies de *Caesalpinia pluviosa* DC. (Caesalpinoideae), *Machaerium eriocarpum* Benth (Caesalpinoideae) e *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart. (Papilionoideae).

MATERIAL E MÉTODOS

Fragmentos dos sistemas subterrâneos de *Caesalpinia pluviosa* DC., *Machaerium eriocarpum* Benth. e *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart foram coletados em remanescente de Chaco no município de Porto Murtinho (21°41'0.50"S e 57°46'42.90"W), Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Ramos portando flores e/ou frutos e partes vegetativas foram coletados e herborizados segundo técnicas usuais e identificados pela Prof. Dra Ângela Lúcia Bagnatori Sartori e depositados no Herbário CGMS/UFMS, em Campo Grande/MS, sob os números: *C. pluviosa* -19720, *M. eriocarpum* - 23778 e *L. nudiflorens* - 19961.

Para as espécies *C. pluviosa* e *L. nudiflorens* as gemas foram obtidas em raízes coletadas no campo e para *Machaerium eriocarpum*, a obtenção de gemas foi a partir de estacas de aproximadamente 15 centímetros de comprimento e 3 centímetros de diâmetro, plantadas horizontalmente em caixas plásticas contendo areia, e mantidas dentro de viveiro a fim de acompanhar a formação de gemas.

Amostras dos sistemas subterrâneos com gemas foram fixadas em FAA 70 (formaldeído - ácido acético - álcool etílico 70%; 1:1:18 v/v) por 48 horas (Johansen, 1940) e, posteriormente armazenadas em álcool etílico 70%. Para a confecção das lâminas semipermanentes o material foi seccionado em micrótomo de deslize, clarificado em hipoclorito de sódio a 20%, corado em azul de astra e safranina aquosa 1% (modificado por Kraus e Arduim, 1997) e as lâminas montadas em glicerina 50%. Para detectar a presença de grãos de amido foi utilizado o reagente cloreto de zinco iodado (Strasburger, 1913).

Toda a documentação morfológica foi obtida por meio de câmera fotográfica digital e para a documentação das estruturas anatômicas foi utilizado microscópio fotônico *Leica* DM 5500B acoplado ao sistema de captura de imagem, sendo projetadas as escalas micrométricas correspondentes.

RESULTADOS

O sistema subterrâneo de *Caesalpinia pluviosa* DC. (Figura 1), *Machaerium eriocarpum* Benth (Figura 2) e *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart (Figura 3) é constituído por raízes laterais distribuídas paralelamente próximas à superfície do solo e a natureza radicular das estruturas foi confirmada pela maturação centrípeta do xilema primário

(Figuras 4 a 6). A raiz é diarca em *C. pluvirosa* (Figura 4), tetraarca em *M. eriocarpum* (Figura 5) e pentarca em *L. nudiflorens* (Figura 6).

As raízes de *C. pluvirosa*, *M. eriocarpum* e *L. nudiflorens* são revestidas pela periderme. Em *C. pluvirosa* a feloderme possui 2 a 5 camadas de esclereídes (Figura 7) enquanto em *L. nudiflorens* o súber é bem desenvolvido (Figura 8). O parênquima externo ao floema secundário é estreito em *L. nudiflorens* e *M. eriocarpum*. *C. pluvirosa* e *L. nudiflorens* possui floema secundário não estratificado com fibras gelatinosas solitárias ou em aglomerados (Figura 9). Em *M. eriocarpum* o floema secundário é estratificado, com faixas de fibras gelatinosas intercaladas com os elementos condutores e células do parênquima axial (Figura 10). O xilema secundário das três espécies apresenta elementos de vaso solitários ou agrupados (Figura 11). Grãos de amido presentes no parênquima externo ao floema secundário, parênquimas axial e radial do floema e do xilema secundários (Figura 12).

Nas raízes de *C. pluvirosa* ocorre a formação de fissuras, e posterior ruptura da casca devido à emergência das gemas (Figura 13). Os cortes anatômicos revelam que a fissura se estende da periderme até o limite com o xilema secundário (Figura 14). Próximo à região da fissura, observa-se que o câmbio vascular apresenta atividade diferencial, formando um calo constituído por células parenquimáticas (Figuras 14 e 15). As gemas se originam a partir de meristemóides formados neste calo (Figuras 14 e 15).

Nas estacas de *M. eriocarpum* ocorre a formação de gema adventícia isoladamente e em *L. nudiflorens* as gemas formam-se isoladamente ou em grupos (Figura 16). Em ambas as espécies há conexão vascular da gema com o xilema primário da raiz (Figuras 17 e 18), o que sugere sua origem endógena a partir do periciclo.

DISCUSSÃO

A formação de gemas a partir de raízes distribuídas paralelamente à superfície do solo, como observado nas espécies *Caesalpinia pluvirosa* DC., *Machaerium eriocarpum* Benth e *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart, já foi relatada para outras espécies arbóreas de Leguminosae por Hayashi *et al.*, (2001) em *Bauhinia forficata* Link., *Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth., *Inga laurina* (Sw.) Willd., *Lonchocarpus cultratus* (Vell.) A. M. G. Azevedo & H. C. Lima e *Machaerium stipitatum* (DC.) Vog., após episódio de fogo em Floresta Estacional Semidecidual.

Em trabalho fitossociológico realizado por Penha (1998) em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual sob ação fogo, a família Leguminosae destacou-se com maior riqueza e abundância de espécies, fato que poderia ser justificado, entre outros fatores, pela sua capacidade de rebrota a partir de raízes gemíferas.

A formação de calo antecedendo a origem das gemas em raízes coletadas no campo de *Caesalpinia pluviosa* foi característica também verificada em estacas radiculares de *Machaerium stipitatum* por Hayashi *et al.* (2001), *Bauhinia forficata* e *Esenbeckia febrifuga* (St. Hil.) Juss. ex Mart. Hayashi e Appezzato-da-Glória (2009). Segundo Hayashi e Appezzato-da-Glória (2009) o calo se forma não apenas em resposta a algum tipo de lesão, mas participa da formação das gemas. O processo de desenvolvimento das gemas em raízes de *Caesalpinia pluviosa* foi semelhante ao descrito por Hayashi e Appezzato-da-Glória (2009) para estacas radiculares de *Bauhinia forficata*, onde ocorre a ruptura da casca devido à emergência das gemas e a formação do calo, proveniente da atividade diferencial do câmbio vascular, que ocupa parcialmente a região da fissura formada na casca da raiz.

Segundo Appezzato-da-Glória *et al.* (2008) a origem das gemas pode variar entre as espécies de acordo com a estrutura anatômica dos sistemas subterrâneos. Assim, dois tipos de gemas podem ser encontrados em raízes, as reparativas e as gemas adicionais (Bosela e Ewers, 1997, Hayashi *et al.*, 2001, Appezzato-da-Glória *et al.*, 2008). A formação de gemas após injúrias caracteriza gemas reparativas, conforme verificado em *Caesalpinia pluviosa*. As gemas reparativas, formadas em resposta a senescência, ferimentos ou outros tipos de perturbação a raiz, são exógenas e não apresentam conexão vasculares com xilema primário (Appezzato-da-Glória *et al.*, 2008).

Assim com em *Caesalpinia pluviosa*, a formação de gemas reparativas em sistemas subterrâneos em resposta a injúrias foram encontradas em espécies de *Araucaria cunninghamii* (Burrows, 1990), *Mollinedia schottiana* Perk., *Machaerium stipitatum* (Hayashi *et al.*, 2001), *Bauhinia forficata*, *Esenbeckia febrifuga*, *Centrolobium tomentosum*, *Inga laurina* (Hayashi e Appezzato-da-Glória, 2009) e *Chresta sphaerocephala* DC. (Appezzato-da-Glória *et al.*, 2008). Apesar de sua ocorrência preferencial nas raízes com injúrias, gemas reparativas podem se formar também em resposta a alterações no equilíbrio hormonal ou estado nutricional da planta como em *Sassafras albidum* (Bosela e Ewes, 1997).

Gemas adicionais formam-se durante o crescimento inicial de raízes intactas, de origem endógena e com traços vasculares contíguos com o centro da raiz (Bosela e Ewers, 1997), como mostrado no presente estudo em *Machaerium ericarpum* e *Lonchocarpus nudiflorens* e por Appezzato-da-Glória *et al.* (2008) em *Chresta sphaerocephala*. Esta característica foi parcialmente confirmada, pois o material coletado para a elaboração do presente trabalho estava com gemas plenamente desenvolvidas. Assim, novas análises em material com gemas em fase inicial de desenvolvimento deverão ser conduzidas para confirmar sua origem em ambas as espécies citadas.

A presença de gemas adicionais é uma característica relacionada com a propagação clonal e foram encontradas em populações clonais *Sassafras albidum* (Bosela e Ewers, 1997) de *Chresta sphaerocephala* (Appezzato-da-Glória *et al.*, 2008). Para *Lonchocarpus nudiflorens* as escavações em campo evidenciaram formação de indivíduos clonais corroborando as características descritas pelos autores para as espécies citadas.

As raízes gemíferas de *Caesalpinia pluviosa*, *Machaerium eriocarpum* e *Lonchocarpus nudiflorens* apresentam amido como substância de reserva. O acúmulo de amido nas raízes destas espécies pode estar relacionado à sua capacidade de formação de gemas (Hayashi *et al.*, 2001). Amido como principal forma de reserva em sistemas subterrâneos gemíferos sujeitos a ação do fogo foi encontrado nas sete espécies arbóreas estudadas por Hayashi *et al.* (2001) e em espécies de *Mandevilla* por Appezzato-da-Glória e Estelita (2000). Em *Stirlingia latifolia* R. Br., Bowen e Pate (1993) observaram a relação entre as reserva de amido e o desenvolvimento de gemas nas raízes e constataram que a concentração de amido no córtex radicular diminuiu drasticamente durante os primeiros meses após uma queimada e que esse declínio coincidiu com a produção de gemas na raiz. Apesar de não ter sido acompanhada variação da quantidade de amido ao longo de um ciclo sazonal do Chaco, as espécies avaliadas são semicaducifólias, e esta reserva serviria para o reestabelecimento das partes aéreas após o período de seca, além da emissão de gemas.

A ocorrência de gemas reparativas nas raízes de *Caesalpinia pluviosa* e gemas adicionais nas raízes de *Machaerium eriocarpum* e *Lonchocarpus nudiflorens*, conforme descrito no presente estudo, pode resultar na formação de populações com distribuição espacial agregada (Fábia Silva de Carvalho comunicação pessoal) geralmente atribuída ao sistema reprodutivo assexual (Penha, 1998). Por isso, a capacidade das plantas para a propagação vegetativa por meio de raízes gemíferas pode alterar vários aspectos na

discussão da dinâmica da comunidade e os procedimentos de gestão e recuperação de fragmentos florestais (Hayashi *et al.*, 2001).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

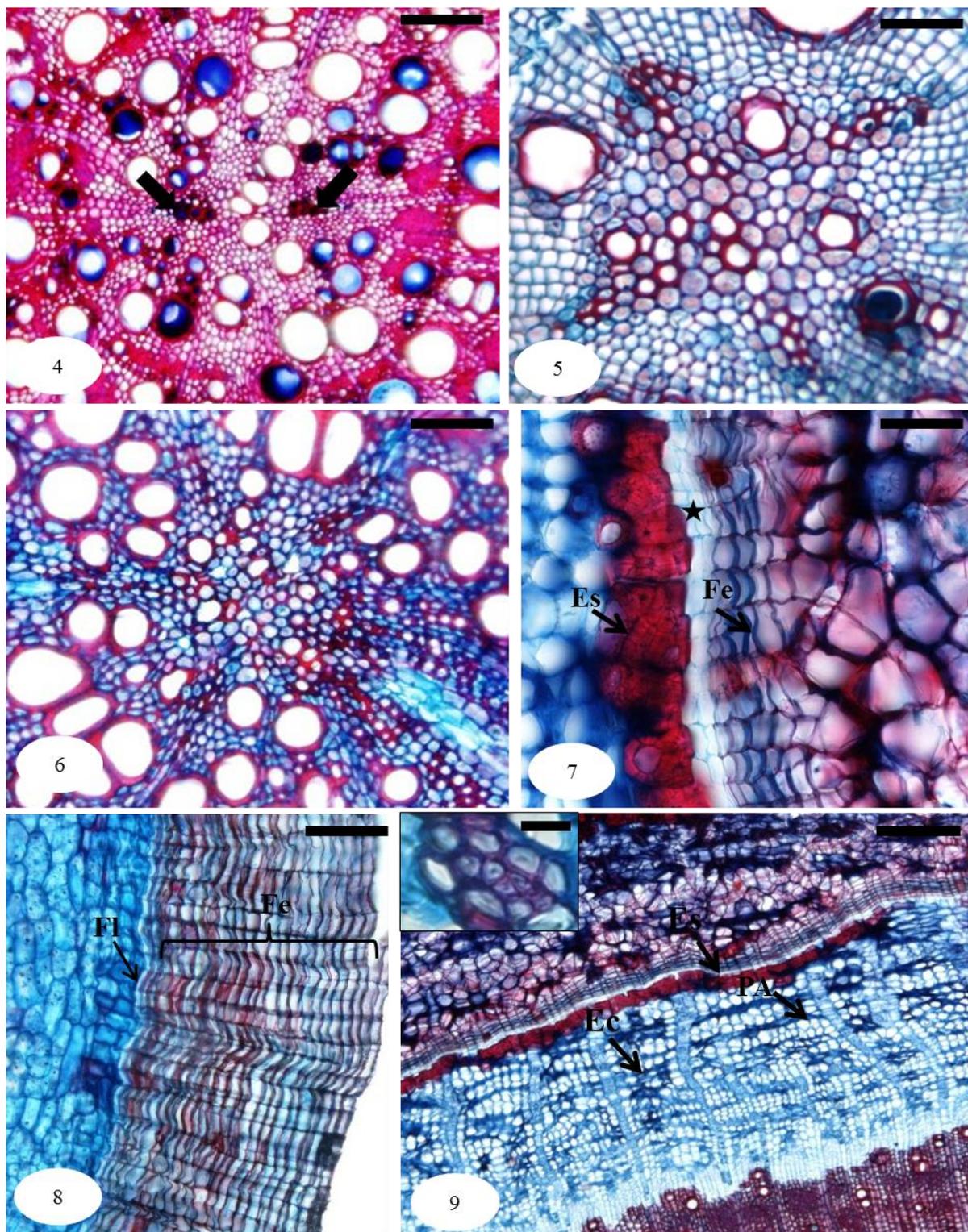
- Appezato-da-Glória, B.; Estelita, M. E. M. 2000. The developmental anatomy of the subterranean system in *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson and *M. velutina* (Mart. ex Stadelm.) Woodson (Apocynaceae). *Revista brasileira de Botânica* 23: 27-35.
- Appezato-da-Glória, B. 2003. Morfologia de sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil. Ribeirão Preto. 80p.
- Appezato-da-Glória, B.; Cury, G.; Soares, M. K. M. Rocha, R.; Hayashi, A. H. 2008. Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. *Journal of the Torrey Botanical Society* 135(1): 103–113.
- Bosela, M. J.; Ewers, F. W. 1997. The mode of origin of root buds and root sprout in the clonal tree *Sassafras albidum* (Lauraceae). *American Journal of Botany* 84(11): 1466–1481.
- Bowen, B. J.; Pate, J. S. 1993. The significance of root starch in post-fire shoot recovery of the resprouter *Stirlingia latifolia* R.B. (Proteaceae). *Annals of Botany* 72: 7–16.
- Burrows, G. E. 1990. Anatomical aspects of root bud development in hoop pine (*Araucaria cunninghamii*). *Australian Journal of Botany* 38: 73–78.
- Hayashi, A. H.; Appezato-da-Glória, B. 2001. Anatomical studies of shoot bud-forming roots of Brazilian tree species. *Australian Journal of Botany* 49: 745–751.
- Hayashi, A. H.; Appezato-da-Glória, B. 2009. Resprouting from roots in four Brazilian tree species. *Revista de Biologia Tropical* 57 (3): 789-800.
- Johansen, D. A. 1940. *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill Book Company, 523p.
- Kammesheidt, L. 1999. Forest recovery by root suckers and above-ground sprouts after slash-and-burn agriculture, fire and logging in Paraguay and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 15(2): 143-157.
- Moglia, M.; Jofre, G. 1998. Response to clearing of woody plants in a forest of quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) and algarrobo (*Prosopis flexuosa*) in the Province of San Luis (Argentina). *Phyton*. 63: 257-265.

- Mostacedo, B.; Putz, F. E. Fredericksen; T. S.; Villca, A.; Palacios, T. 2009. Contributions of root and stump sprouts to natural regeneration of a logged tropical dry forest in Bolivia. *Forest Ecology and Management* 258: 978–985.
- Kraus, J. E.; Arduin, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural do Rio de Janeiro.
- Penha, A. S. 1998. Propagação vegetativa de espécies arbóreas a partir de raízes gemíferas: representatividade na estrutura fitossociológica e descrição dos padrões de rebrota de uma comunidade florestal, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 115p.
- Pennington, R. T., Prado, D. E.; Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forest and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273.
- Prado, D. E.; Gibbs, P. E.; Pott, A.; Pott, V. J. 1992. The Chaco - Pantanal transition in southern Mato Grosso, Brazil. In: Furley, P. A. *et al.* (Eds.), *Nature and dynamics of forest – savanna boundaries*. London, pp. 451-470.
- Prado, D. E. What is the Gran Chaco vegetation in South America? 1993. A review. *Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. Candollea* 48 (1): 145-172.
- Raunkiaer, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford: Clarendon Press. 632 p.
- Rizzini, C. T.; Heringer, E. P. 1966. Estudo sobre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 38: 85–112.
- Rodrigues, R. R.; Torres, R. B.; Matthes, L. A. F.; Penha, A. S. 2004. Tree species sprouting from root buds in a Semideciduous Forest affected by fires. *Brazilian archives of biology and technology* 47: 127-133.
- Silva, M. P.; Mauro, R.; Mourão, G.; Coutinho, M. 2000. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. *Revista Brasileira de Botânica* 23: 143-152.
- Strasburger, E. 1913. *Handbook of practical botany*. 7^a ed. London: George Allen. 527p.



Figuras 1 – 3 . Formação de brotos em raízes horizontais próximas à superfície do solo (setas). **Fig. 1.** *Caesalpinia pluviosa* DC.. **Fig. 2** . *Machaerium eriocarpum* Benth. **Fig. 3** . *Lonchocarpus nudiflorens* Burkart.

Barras: Fig. 1= 20 cm; Fig. 2 = 10 cm; Fig. 3= 15 cm.



Figuras 4-9: Seção transversal das raízes nas três espécies estudadas. **Fig. 4.** Raiz diarca em *C. pluviosa*, (setas) indicando os pólos de protoxilema. **Fig. 5.** Raiz tetraarca em *M. eriocarpum*. **Fig. 6.** Raiz pentarca em *L. nudiflorens*. **Fig. 7.** Feloderme (estrela) com esclereídes em *C. pluviosa*. **Fig. 8.** Periderme desenvolvida em *L. nudiflorens*. **Fig. 9.** Floema não estratificado com aglomerados de fibras gelatinosas (detalhe) em *C. pluviosa*. Barras: Figs. 4 e 9 = 200 µm; Figs. 6 e 8 = 100 µm e Figs. 5, 7 e detalhe Fig. 9 = 50 µm.

Fe = felema; Es = esclereídes; Fl = Felogênio; Ec = Elementos condutores floema colapsados; Pa = Parênquima axial.

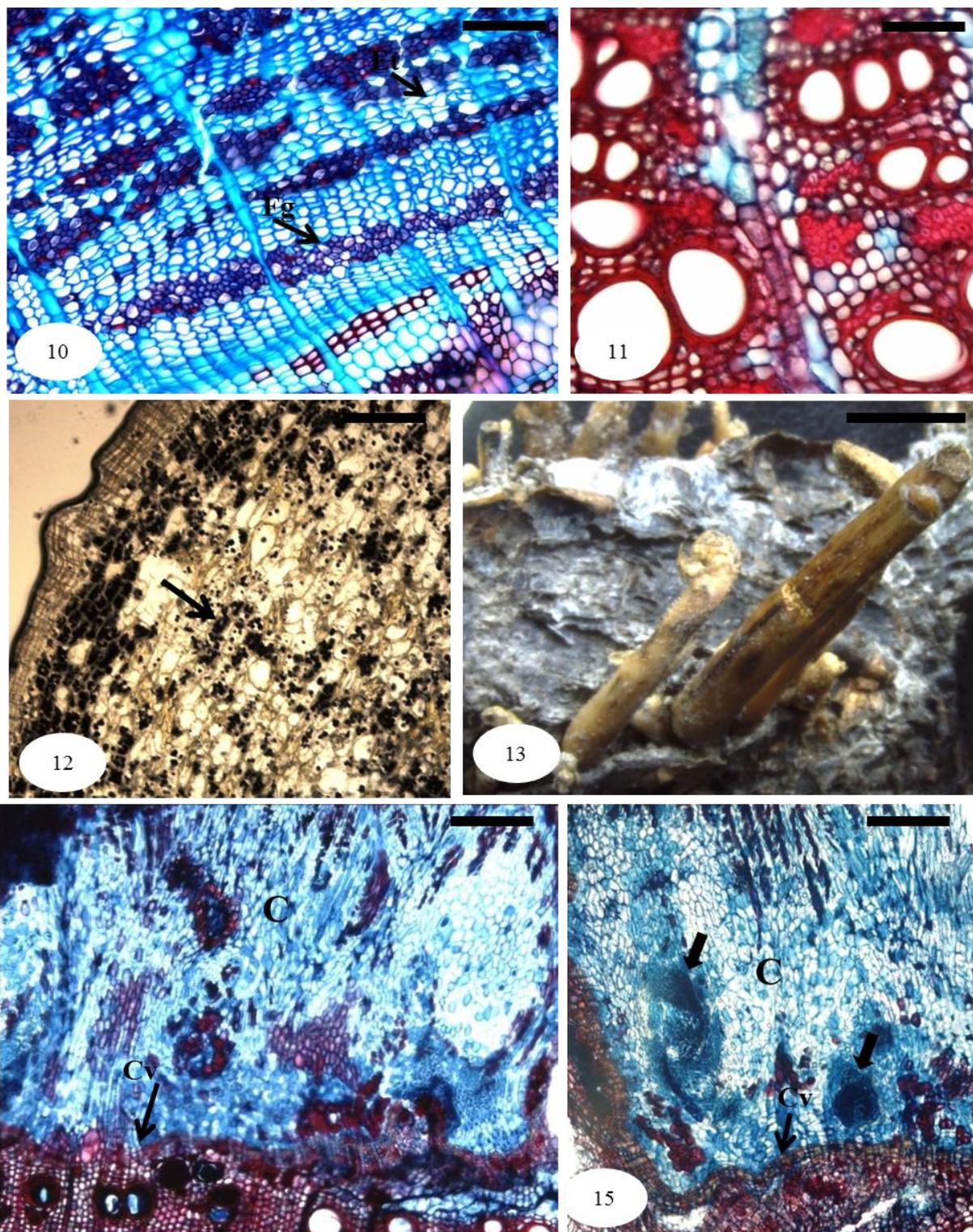
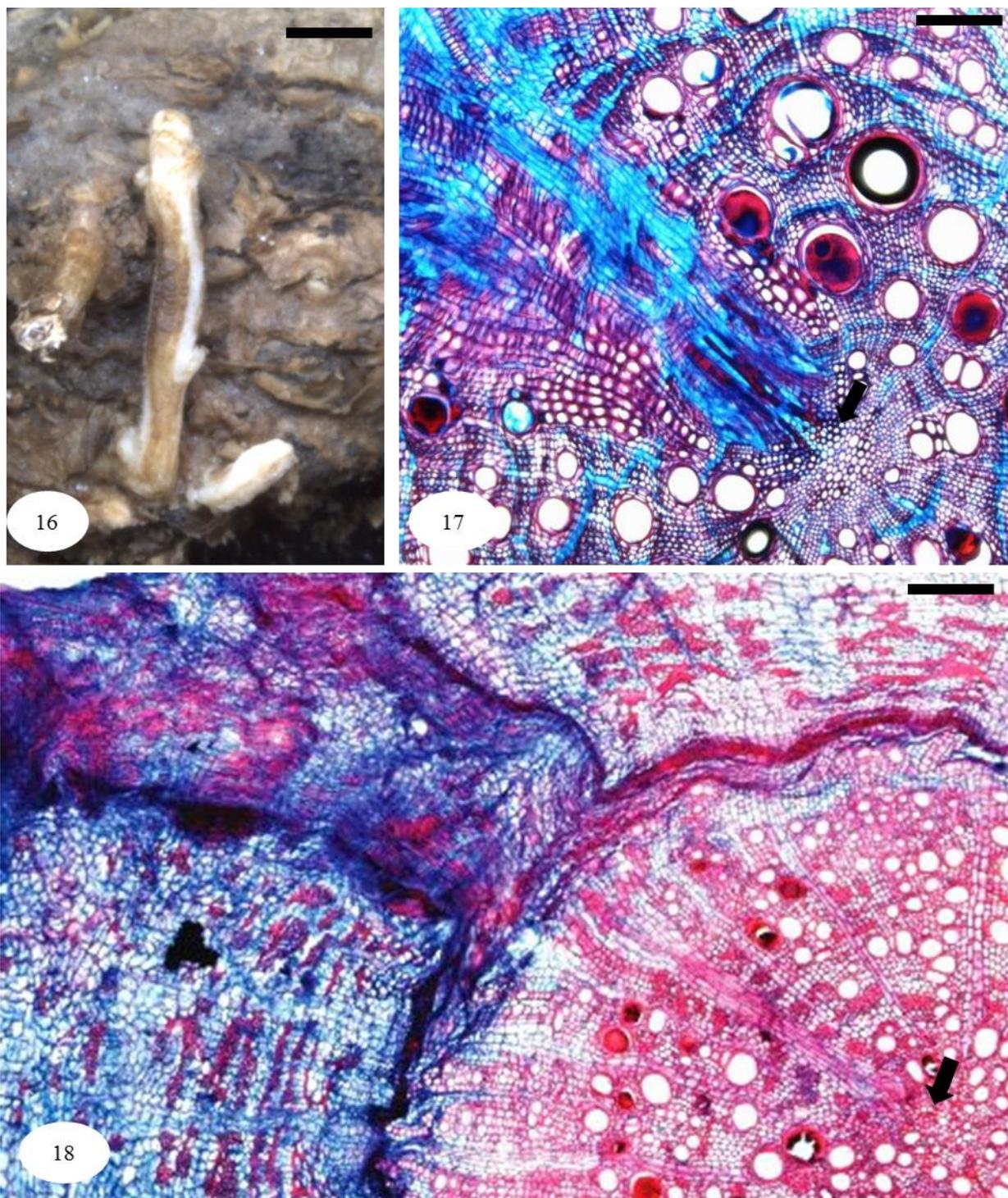


Fig. 10. Floema estratificado em *M. eriocarpum*. **Fig. 11.** Elementos de vasos solitários e agrupados em *C. pluviosa*. **Fig. 12.** Amido visualizado com cloreto de zinco iodado (seta) no parênquima externo ao floema secundário de *L. nudiflorens*. **Fig. 13.** Gemas em fissuras em *C. pluviosa*. **Figs. 14 e 15.** Calo formado a partir do câmbio vascular com meristemóides (setas) em *C. pluviosa*. Barras: Fig. 13 = 1 cm; Fig. 10, 11 e 12 = 100 µm. e 14 e 15 = 200 µm.

Fg = Fibras gelatinosas; Et = Elemento de tubo crivado; Cv = Câmbio vascular; C = Calo.



Figuras 16 – 18. Gemas em *L. nudiflorens* e *M. eriocarpum*. **Fig. 16.** Gemas agrupadas na raiz de *L. nudiflorens*. **Figs. 17 e 18.** Secção transversal de *M. eriocarpum* e *L. nudiflorens*, respectivamente, com as gemas já desenvolvidas conectadas ao vascular ao xilema primário (setas). Barras: Fig. 16 = 1 cm; Figs. 17 e 18 = 400 μ m;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as sete espécies avaliadas - *Bauhinia hagenbeckii* Harms, *Mimosa glutinosa* Malme, *M. hexandra* Micheli, *M. sensibilis* var. *urucumensis* Barneby, *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pavon ex. Hook.) J. Hawkins, *Prosopis rubriflora* Hassl. e *P. ruscifolia* Griseb., possuem raízes axiais e com poucas raízes laterais superficiais não sendo possível verificar a extensão alcançada por elas, devido às escavações terem sido a apenas 50 cm de profundidade, em decorrência da compactação do solo da região.

Características de córtex estreito, floema amplo, fibras gelatinosas no floema e xilema secundário, elementos de vaso solitário e/ou agrupados, com diâmetro estreito, parênquima axial e radial com acúmulo de amido, obtido para as raízes de todas as espécies, podem ser vistas como respostas para otimizar a demanda de transporte de água em períodos de estresse hídrico. Presença de placa de perfuração simples e pontoações guarnecidas são características comuns à família Leguminosae e predominam em plantas de ambientes de clima quente e seco, com a demanda sazonal ou permanente de maior eficiência hidráulica. Todas as características relacionadas compõem, no conjunto, características importantes para o sucesso na colonização daquele ambiente.

A formação de gemas nas espécies de *Caesalpinia pluviosa*, *Machaerium eriocarpum* e *Lonchocarpus nudiflorens* permite a reprodução vegetativa destas espécie, otimizando sua sobrevivam em períodos prolongados de seca, bem como ao pisoteio do gado, comum naquele ambiente. As gemas em *Caesalpinia pluviosa* são reparativas, formadas logo após o corte nas raízes em campo, e *Lonchocarpus nudiflorens* e *Machaerium eriocarpum* apresentam gemas adicionais e têm conexão vascular com xilema primário. No entanto, a origem das gemas de *M. eriocarpum* e *L. nudiflorens* foi parcialmente confirmada, pois o material coletado para a elaboração do presente trabalho apresentava gemas plenamente desenvolvidas. Assim, novas análises em material com gemas em fase inicial de desenvolvimento deverão ser conduzidas para confirmar sua origem em ambas as espécies.