

Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

**Características físicas do lenho em grupos fenológicos
foliares de arbóreas de cerrado**

Natalia Cristina Venancio

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Ecologia e
Recursos Naturais.

São Carlos – SP

2016

Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

**Características físicas do lenho em grupos fenológicos
foliares de arbóreas de cerrado**

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Britto de Assis Prado

Departamento de Botânica/UFSCar

São Carlos – SP

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Natalia Cristina Venancio, realizada em 10/10/2016:

Prof. Dr. Carlos Henrique Brito de Assis Prado
UFSCar

Prof. Dr. Marco Antonio Portugal Luttembarck Batalha
UFSCar

Prof. Dr. Tomas Ferreira Domingues
USP

Dedico ao meu filho Jorge, minha
maior fonte de inspiração.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, e aos meus pais Sandra e Claudio por tudo. Obrigada também ao meu orientador Dr. Carlos Henrique Britto de Assis Prado, aos examinadores da defesa Dr. Marco Antônio Portugal L. Batalha e Dr. Tomas Ferreira Domingues e aos membros suplentes Dra. Maristela Itamomi e Dr Massanori Takaki. Ao PPG-ERN, a todos os professores das disciplinas que cursei nesse período de mestrado e também a CAPES, pelo apoio financeiro, agradeço.

Não posso me esquecer de pessoas importantes nesse processo. Obrigada à querida amiga Rute Angélica, que me deu muito apoio para começar, e aos colegas de mestrado Pedro e Raíssa, companheiros de diversos trabalhos em disciplinas, conversas e risadas. Também agradeço aos colegas de laboratório Ricardo, Mariana e Lívia. Trabalhar ao lado de vocês sempre me ofereceu muito conforto.

Aos guardas da UFSCar, que tantas vezes precisei da ajuda durante minhas incursões ao cerrado. Aos amigos Francisco, Marizinha e Cidinha, que de certa forma estiveram perto, mesmo de longe, torcendo e oferecendo palavras de carinho e apoio.

Agradeço às minhas irmãs Laís Elita e Karoline, por tanto amor. Agradeço também às irmãs que ganhei da vida: Aline Lucas, por estar sempre comigo, independente da situação (inclusive na defesa), e Priscila, minha comadre, por ajudar sempre que preciso como nosso pequeno Jorge. Amo vocês, minhas meninas de ouro!

Agradeço por fim, ao meu marido Leandro e ao meu filho Jorge, por todo apoio e dedicação prestados durante esse período e também pela paciência e tolerância em períodos que não foram os mais fáceis para mim. Vocês são os meus maiores tesouros!

SUMÁRIO

Resumo da Dissertação.....	07
Abstract.....	09
Introdução Geral da Dissertação.....	11
Literatura citada.....	14
Capítulo I: Características físicas do lenho em arbóreas decíduas, semidecíduas e sempreverdes adultas do cerrado.....	17
Introdução.....	19
Material e Métodos.....	23
Resultados.....	33
Discussão.....	38
Conclusões.....	43
Literatura citada.....	44
Tabelas.....	51
Figuras.....	56
Capítulo II: Características físicas do lenho de ramos, caule e raízes de arbóreas do cerrado nos primeiros anos de vida.....	57
Introdução.....	59
Material e Métodos.....	61
Resultados.....	67
Discussão.....	70
Conclusões.....	73
Literatura citada.....	74
Tabelas.....	79
Conclusões da Dissertação.....	88

Resumo da Dissertação

Grupos fenológicos foliares de espécies arbóreas de cerrado apresentam diferenças significativas não só com relação à manutenção da folhagem ao longo do ano, mas também em relação à fenologia reprodutiva como o pico e a duração da floração. Além da fenologia vegetativa e reprodutiva, decíduas (DE) semidecíduas (SD) e sempre verdes (SV) arbóreas do cerrado apresentam uma arquitetura da copa e um tipo de produção de ramos e folhas significativamente diferentes. Portanto, a estrutura e a funcionalidade do lenho provavelmente também apresentam diferenças significativas nesses 3 grupos. Os objetivos desse trabalho foram determinar características físicas e suas inter-relações no lenho da parte aérea e subterrânea de espécies DE, SD e SV arbóreas do cerrado. Características físicas internas (densidade, porosidade e capacidade de armazenamento de água) e externas (altura da copa e profundidade das raízes) do lenho foram determinadas em várias espécies arbóreas DE, SD e SV adultas e na fase inicial de crescimento. Por meio da obtenção de secções transversais do tronco na altura do colo da planta determinamos também características físicas da casca e do lenho nessa região de transição da porção aérea e subterrânea nos 3 grupos fenológicos foliares. Ocorreu uma significativa diferenciação entre DE e SV para a maioria das variáveis estudadas em um provável gradiente funcional onde transitam as espécies SD. Esse grupo mostrou valores similares às DE, ou às SV ou ainda significativamente diferentes de ambos os grupos dependendo da característica analisada. As espécies distribuídas nos grupos fenológicos foliares, portanto, mostraram diferenças significativas quanto às características físicas internas e externas do lenho na parte aérea, na transição da parte aérea e na porção subterrânea. Esses resultados indicam que as espécies agrupadas por meio da fenologia foliar apresentam várias outras características físicas do lenho significativamente diferentes

destacando que os grupos fenológicos foliares são, de fato, grupos funcionais. Independente da proximidade filogenética entre as espécies a fenologia foliar foi usada com sucesso para demonstrar que essa característica é apenas mais um atributo entre muitos outros distribuídos na copa, no caule e na raiz que agrupam espécies arbóreas do cerrado em ao menos 3 grupos funcionais. DE adultas crescendo em condições naturais são significativamente mais altas e apresentam um lenho nos ramos mais poroso, com maior capacidade de embebição e menor densidade que as espécies SV. Nos primeiros anos de crescimento em campo as DE também se mostraram mais altas com um sistema radicular mais profundo, mas com ramos, caule na altura do colo e raízes mais densos, menos porosos e com menor capacidade de embebição que as SV. A inversão das características internas do lenho entre os grupos funcionais nas diferentes fases do ciclo de vida demonstrou que as estratégias de aquisição e uso dos recursos são alteradas durante o desenvolvimento resultando, ao final, em adultas distribuídas em grupos funcionais significativamente diferentes. Essa inversão de características entre as fases de crescimento provavelmente depende da biomassa acumulada (tamanho) do indivíduo nas arbóreas do cerrado. A identificação desses grupos funcionais de arbóreas por meio de suas estratégias de aquisição, uso e estoque de recursos pode ser utilizada para um manejo mais eficiente de áreas protegidas ou na recuperação de áreas degradadas do cerrado. Os grupos funcionais de árvores do cerrado puderam ser identificados não só por uma lista de atributos significativamente diferentes, mas por inter-relações de dependência entre esses atributos. Essas relações de dependência formam síndromes características em cada grupo funcional. As síndromes originadas por meio dos compromissos entre as características resultam em competências específicas para a aquisição, uso e estoque de recursos em cada grupo funcional. Essas competências conferem estratégias de sobrevivência (reprodução, crescimento, defesa) resultando necessariamente em respostas similares aos estresses ambientais em cada um desses grupos funcionais de espécies arbóreas do cerrado.

Abstract of dissertation

Leaf phenological groups of cerrado tree species show significant differences not only concerning the maintenance of foliage throughout the year but also about reproductive phenology as the peak and duration of flowering. In addition to the vegetative and reproductive phenology, deciduous (DE) semideciduous (SD) and evergreen (EV) cerrado trees have canopy architecture and the type of branching and leaf production significantly different. Therefore, the structure and functionality of wood probably show significant differences in these three groups (DE, SD, and EV). We aimed to determine the physical characteristics of wood and their relationships in aerial and underground parts of DE, SD, and EV tree species of cerrado vegetation. Internal (density, porosity, and water storage capacity) and external (crown height and root depth) physical traits of wood were determined in species distributed in DE, SD, and EV in two stages of development: adult and in the initial growth. By sections of the trunk at the transition between aerial and underground portions, we obtained results from bark and trunk in studied leaf phenological groups. There was a significant difference between DE and EV in a functional gradient where we found SD species. This group showed similar values to DE or EV species or even significantly different from both groups depending on the analyzed trait. Thus, the species distributed in leaf phenological groups also differed significantly in internal and external physical characteristics of wood in branches, in the transition from aerial to aboveground part and underground portion. These results indicated species grouped by leaf phenology have several other physical characteristics significantly different. Therefore, leaf phenological groups of cerrado trees are, in fact, functional groups. It has been successfully used to show that leaf phenology is just one attribute among many others traits distributed in the canopy, stem, and root assembling tree species of cerrado in at least three functional groups. Therefore, regardless the phylogenetic relatedness in each foliar phenological group these species belong to a functional group.

Adults DE species growing under natural conditions are taller and have branches less dense and with more imbibition capacity than EV species. Conversely, in early years of growth DE were still taller with a deeper root system but with branches, stem and roots less dense than EV species. The inversion of wood internal traits between DE-EV demonstrated that the strategies for the acquisition and use of resources changed during tree development. It resulted in adult individuals significantly different and these changes probably depended on the biomass accumulated (size) in cerrado trees. The identification of these functional groups of trees is useful for more efficient management of protected areas or for recovering degraded areas of cerrado vegetation. The functional groups of cerrado trees could be identified not only by a list of attributes significantly different but by the reliance among these traits. These relationships built up a particular syndrome in each functional group. Syndromes originated through compromises among characteristics result in specific skills for acquisition, use and storage resources in every tree functional group. These skills result in similar survival strategies (reproduction, growth, and defense) and responses to environmental stresses in each of these functional groups of tree species of the cerrado vegetation.

INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO

O cerrado brasileiro é uma savana neotropical marcada pela sazonalidade climática com duas estações bem definidas: uma chuvosa, entre os meses de outubro e março, e outra seca, que se inicia em abril e se estende até setembro (Prado *et al.*, 2004; Damascos *et al.*, 2005; Monteiro e Prado, 2006).

A redução pluviométrica diminui a disponibilidade de água para as plantas nas camadas superficiais do solo (Jackson *et al.*, 1999; Franco, 2002) e eleva a demanda evaporativa do ar (Bucci *et al.*, 2005). Em certas espécies arbóreas essa menor disponibilidade de água no solo e maior demanda evaporativa impõe a perda parcial ou total da folhagem no período seco (Sarmiento e Monasterio, 1983; Filgueiras, 2002; Bucci *et al.*, 2005). A relação histórica entre sazonalidade climática, reduzida fertilidade dos solos e a ocorrência natural de queimadas tem moldado nos últimos milhares de anos as diferentes estratégias de crescimento e reprodução das plantas do cerrado (Sarmiento e Monasterio, 1983, Bucci *et al.*, 2005; Oliveira, 2008; Miranda *et al.*, 2004).

Espécies da flora lenhosa do cerrado apresentam estratégias variadas de alocação de recursos durante as diversas fases do ciclo de vida (Oliveira e Silva, 1993; Marquis *et al.*, 2002; Oliveira, 2008). Entre essas estratégias o comportamento fenológico parece ter se desenvolvido como uma resposta evolutiva à sazonalidade climática (Mantovani e Martins, 1988; Lenza e Klink, 2006; Oliveira, 2008), à ocorrência do fogo (Felfiti *et al.*, 1999; Miranda *et al.*, 2004), às atividades de polinizadores (Mantovani e Martins, 1988), dispersores (Oliveira, 2008) e herbívoros (Marquis *et al.*, 2002). Em relação à fenologia vegetativa de plantas lenhosas de cerrado é possível observar diferentes fenologias foliares: decíduas, semidecíduas e sempreverdes. Esses três grupos fenológicos apresentam diferenças além da permanência da folhagem, como arquitetura da copa (Souza *et al.*, 2011) e composição dos

brotos (Damascos *et al.*, 2005). Lima (2010) aponta que as vantagens e desvantagens de cada uma dessas três estratégias surgem no que se refere à condutividade hidráulica e resistência à cavitação que resultam em variações na densidade da madeira.

Assim, o objetivo principal desse trabalho foi a caracterização desses três grupos fenológicos foliares a partir de características físicas do lenho em espécies arbóreas na fase inicial de desenvolvimento e também na fase adulta, pois um dos fatores determinantes na variação da densidade do lenho é o envelhecimento da planta (Chave *et al.*, 2009; Enquist *et al.*, 1999). Além da densidade básica, outras características relacionadas aos aspectos físicos internos e externos do lenho foram consideradas: densidade relativa, porosidade, capacidade de embebição, altura das plantas, profundidade máxima das raízes e área da secção transversal do caule na região do colo da planta (plantas jovens).

Esses atributos possibilitaram a caracterização dos grupos fenológicos foliares de espécies arbóreas de cerrado em ambiente natural (adultas) ou em campo crescendo em canteiros sem limite de profundidade para as raízes (indivíduos juvenis com três anos de idade). Foi possível identificar inter-relações de características físicas do lenho para cada grupo fenológico foliar e determinar a existência de grupos funcionais nos dois capítulos que compõem essa dissertação.

Nas espécies adultas foram consideradas as variáveis de altura máxima da copa e comprimento dos ramos (uma dimensão) e a densidade dos ramos (três dimensões). Para os indivíduos jovens foi possível caracterizar os grupos fenológicos por diferenças estruturais capturadas por apenas uma dimensão (a altura das plantas, o comprimento linear de ramos a profundidade total das raízes), por duas dimensões (a área da secção transversal do caule na região do colo) e por três dimensões por meio da densidade de ramos, caule e casca na região do colo e das raízes. Assim, a quarta dimensão (tempo) foi considerada como a variável de

referência inicial por meio da permanência da folhagem na copa em cada grupo fenológico foliar correspondente: permanência da folhagem o ano todo (sempreverdes, SV), perda parcial (semidecíduas, SD), ou perda total (decíduas, DE) na estiagem de inverno.

LITERATURA CITADA

- Bucci SJ, Goldstein G, Meinzer FC, Franco AC, Campanello P, Scholz FG. 2005.** Mechanisms contributing to seasonal homeostasis of minimum leaf water potential and predawn disequilibrium between soil and plant water potential in *Neotropical savanna Trees*. **19(3):** 296-304.
- Chave J, Coomes D, Jansen S, Lewis SL, Swenson NG, Zanne AE. 2009.** Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*. **12:** 351-366.
- Damascos MA, Prado CHBA, Ronquim CC. 2005.** Bud composition, branching patterns and leaf phenology in cerrado woody species. *Annals of Botany*. **96:** 1075-1084.
- Enquist BJ, West GB, Charnov EL, Brown JH. 1999.** Allometric scaling of production and life history variation in vascular plants. *Nature*. **401:** 907-911.
- Felfiti JM, Silva Junior MC, Dias BJ, Rezende AV. 1999.** Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. **22(1):** 83-90.
- Filgueiras TS. 2002.** Herbaceous plant communities. In *The cerrados of Brazil* (eds. Oliveira PS, Marquis RJ). Columbia University Press, New York. 121-138.
- Franco AC. 2002.** Ecophysiology of woody plants. In *The cerrados of Brazil* (eds. Oliveira OS, Marquis RJ). Columbia University Press, New York. 178-197.
- Jackson PC, Meinzer FC, Bustamante M, Goldstein G, Franco A, Rundel PW, Caldas L, Iglér E, Causin F. 1999.** Partitioning of soil water among tree species in a 518 Brazilian Cerrado ecosystem. *Tree Physiology*. **19:** 717-724.

- Lenza E, Klink CA. 2006.** Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* **29**: 627-638.
- Lima ALA. 2010.** Tipos funcionais fenológicos em espécies lenhosas da Caatinga, nordeste do Brasil. *Tese* apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife, PE. 117p.
- Mantovani W, Martins FR. 1988.** Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*. **11**: 101-112.
- Marquis RJ, Morais HC, Diniz IR. 2002.** Interactions among cerrado plants and their herbivores: unique or typical? In *The cerrados of Brazil* (eds. Oliveira PS, Marquis RJ). Columbia University Press, New York. 306-328.
- Miranda HS, Sato MN, Andrade SMA, Haridasan M, Morais HC. 2004.** Queimadas de cerrado: caracterização e impactos. In *Cerrado ecologia e caracterização* (eds. Aguiar LMS, Camargo AJA). EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF. 69-123.
- Monteiro JAF, Prado CHBA. 2006.** Apparent carboxylation efficiency and relative stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in an evergreen cerrado species during water stress. *Photosynthetica*. **44**: 39-45.
- Oliveira PE. 2008.** Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. In *Cerrado: ambiente e flora*. (eds. Sano SM, Almeida SP). EMBRAPA - Cerrados, Planaltina. 169-188.
- Oliveira PE, Silva JCS. 1993.** Reproductive Biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in the cerrados of Central Brazil. *J. Trop. Ecol.* **9(1)**: 67-79.

Prado CHBA, Wenhui Z, Rojas MHC, Souza GM. 2004. Seasonal leaf gas Exchange and water potential in a woody cerrado species community. *Brazilian Society of Plant Physiology* **16**: 7-16.

Sarmiento G, Monasterio M. 1983. Life forms and phenology. In *Ecosystems of the World: tropical savannas* (ed. Bouliere F). Elsevier, Amsterdam. 79-108.

Souza, J.P.; Prado, C.H.B.A.; Albino, A.L.S.; Damascos, M.A.; Souza,G.M. 2011. Network analysis of tree crowns distinguishes functional groups of cerrado species. *Plant Ecology* **212**: 11–19.

CAPÍTULO I

Caraterísticas físicas do lenho em arbóreas adultas decíduas, semidecíduas e sempreverdes do cerrado

Resumo

Contexto e objetivos: Grupos fenológicos foliares de arbóreas do cerrado podem ser considerados grupos funcionais por apresentarem características distintas além da permanência da folhagem. Cada grupo funcional apresenta uma arquitetura de copa e uma fenologia floral particular. Porém, não há dados sobre o lenho desses grupos funcionais. Estudamos as características físicas externas e internas do lenho de espécies decíduas (DE), semidecíduas (SD) e sempreverdes (SV) de arbóreas do cerrado a fim de estabelecer possíveis inter-relações que definem a forma de aquisição do espaço aéreo e as relações hídricas em cada grupo funcional de arbóreas do cerrado.

Métodos: Foram estudadas 15 espécies arbóreas adultas crescidas em condições naturais em um cerrado de fisionomia *stricto sensu* no Sudeste do Brasil. Em cada uma das 5 espécies distribuídas nos 3 grupos fenológicos foliares (DE, SD e SV) determinamos a altura de 10 indivíduos. De outros 5 indivíduos coletamos segmentos de ramos crescidos durante a estação chuvosa e determinamos o comprimento, a densidade básica e relativa, a porosidade e a capacidade de embebição. Por meio dos resultados obtidos testamos a ocorrência de diferenças significativas entre DE, SD e SV, o grau de agrupamento dessas espécies e o grau de correlação entre as características do lenho.

Resultados: Espécies DE apresentaram significativamente maior altura, segmentos de ramos mais curtos, menos densos, mais porosos e com maior capacidade de embebição que os

segmentos de ramos das SV. As espécies SD não mostraram geralmente diferenças significativas para uma mesma característica em relação às DE e SV e apresentaram valores reduzidos de correlação entre os pares de características do lenho. A análise de agrupamento não hierárquico e o diagrama de ordenação de uma análise de componentes principais sugeriram dois grupos funcionais distintos de acordo com a altura, o comprimento dos ramos e as densidades básica e relativa. Um grupo com altura elevada, ramos menores e menos densos, e formado pela maioria das espécies DE. Outro grupo com menores valores de altura, ramos mais densos e mais longos, e com a maioria das espécies SV e SD.

Conclusões: DE e SV apresentaram diferenças significativas para todas as variáveis estudadas, evidenciando dois grupos funcionais. As SD também formam um grupo distinto, com características físicas do lenho mais próximas às sempreverdes e apresentando reduzidos valores de correlação entre as características do lenho. O grau reduzido de correlação encontrado nas SD indica uma maior plasticidade do lenho perante as alterações ambientais.

Palavras-chave: altura, densidade do ramo, embebição do ramo, grupos fenológicos, grupos funcionais, porosidade do ramo.

INTRODUÇÃO

A classificação funcional de plantas agrupa espécies que respondem similarmente a um conjunto de condições ambientais independentemente de relações filogenéticas (Shugart, 1997; Woodward e Kelly, 1997). O conhecimento desses tipos funcionais é importante para a descrição do funcionamento e da estrutura de ecossistemas (Singh e Kushwaha, 2005; Diaz *et al.*, 1999). No caso do cerrado, grupos funcionais de espécies arbóreas ainda estão sendo definidos por meio de suas características fenológicas (Borges e Prado 2014), morfológicas (Souza *et al.*, 2011) e das inter-relações dessas características (Borges e Prado 2014).

O cerrado apresenta estações seca e chuvosa bem definidas e pelo menos três tipos de fenologias foliares distintas para espécies arbóreas: decíduas, semidecíduas e sempreverdes. Espécies decíduas (DE) perdem toda sua folhagem no período seco, permanecendo assim por cerca de 30 dias. A produção de novas folhas ocorre em forma de pulso, em um curto período de tempo, no final da estação seca (Paula, 2002; Damascos *et al.*, 2005). Semidecíduas (SD) perdem cerca de metade de sua folhagem na estação seca (Lenza e Klink, 2006). As espécies sempreverdes (SV) mantêm praticamente a mesma área de folhagem durante todo o ano e a produção de folhas é contínua (Paula, 2002; Lenza e Klink, 2006; Damascos *et al.*, 2005).

Esses três grupos fenológicos foliares podem ser considerados grupos funcionais, pois apresentam características estruturais e funcionais semelhantes e inter-relacionadas. Cada um desses grupos funcionais apresenta distinta arquitetura da copa (Souza *et al.*, 2011); composição de gemas vegetativas (Damascos *et al.*, 2005); persistência do meristema apical em ramos e tipo de produção da folhagem (Damascos *et al.*, 2005). Por meio do pico e da duração da floração também é possível distinguir DE, SD e SV arbóreas do cerrado (Borges e Prado, 2014).

A arquitetura da copa e a produção dos compartimentos vegetativos e reprodutivos ao longo dos eixos dos ramos estão fortemente associadas às funções básicas do lenho como a condução de água, suporte mecânico e armazenamento e síntese de compostos (Wiedenhoft, 2013). A densidade básica do lenho indica o investimento e o armazenamento de carbono por unidade de volume (Bunker *et al.*, 2005; Chave *et al.*, 2009). Por outro lado, a porosidade (volume de vazios) mostra a quantidade de espaços constituídos por cavidades celulares e intercelulares (Usta, 2003). O armazenamento de água no lenho se relaciona de forma negativa com a densidade (Borchert, 1994) e positiva com a porosidade (Rollo, 2009).

Em florestas tropicais secas (Lindorf, 1994) espécies DE geralmente apresentam mais vasos (39 a 208 por mm^{-2}) por área transversal do lenho que espécies SV (42 a 87 por mm^{-2}). Os ramos de espécies DE apresentaram valores de condutividade hidráulica maiores que das SV em arbóreas da floresta de Charallave na Venezuela (Sobrado, 1997). Em florestas estacionais as DE apresentaram maior capacidade de transporte de água, mas as SV mantiveram constante a condutividade hidráulica durante as estações seca e chuvosa (Reich *et al.*, 2003). A elevada tensão exercida para retirar a água do solo na época seca por meio de uma copa com 100% da área foliar pode romper os vasos das SV (Chave *et al.*, 2009). Nessas espécies a maior densidade da madeira está associada com mecanismos que minimizam a cavitação (Hacke *et al.*, 2001).

O embolismo do xilema tem maior probabilidade de ocorrer sob elevada tensão promovendo a entrada de ar nos vasos. O transporte de água é interrompido devido à substituição da coluna de água íntegra por uma coluna interrompida por bolhas de ar (Sperry e Tyree, 1988). A consequência fisiológica direta do embolismo é a redução da condutividade hidráulica (Sperry *et al.*, 1988). Em arbóreas do cerrado esperamos que espécies SV apresentem valores de densidade básica elevados resultando em elevada resistência à

cavitação e ao embolismo do xilema na época seca, mas valores relativamente menores de porosidade e de capacidade de embebição (Hacke *et al.*, 2001).

O crescimento do lenho durante a aquisição de espaço aéreo por meio de ramos resulta da atividade de meristemas em gemas apicais e laterais (Kozlowski *et al.*, 1991). SV arbóreas do cerrado apresentam crescimento contínuo dos ramos durante o ano enquanto os ramos das decíduas crescem por um curto período (Damascos *et al.*, 2005). A duração e o período de alongamento dos ramos e a altura da planta apresentam forte controle genético, diferindo de ano para ano em função do clima e, particularmente, da disponibilidade de água (Kozlowski *et al.*, 1991).

A altura máxima de arbóreas está mais relacionada com a longevidade do que com a taxa anual de crescimento. Árvores longevas de crescimento lento apresentam maiores chances de atingirem elevadas alturas (Pallardy, 2008). A altura de uma árvore também reflete seu sucesso na captura de recursos limitantes como água e nutrientes (Walker e Noy-Meir, 1982). Sendo assim, a altura de arbóreas adultas bem estabelecidas do cerrado pode estar associada à capacidade de obtenção, armazenamento e condução de água e nutrientes através do lenho até os últimos ramos da copa. Portanto, a densidade básica, a porosidade, a capacidade de armazenamento de água e a altura da planta são características diretamente associadas ao lenho e às estratégias de aquisição, estoque e uso de recursos.

O objetivo desse estudo foi determinar características físicas do lenho nos três grupos fenológicos foliares (DE, SD e SV) de arbóreas adultas do cerrado. Esperamos que espécies de um mesmo grupo fenológico foliar apresentem valores similares para a altura e características físicas internas do lenho. Pretendemos verificar se essas características são significativamente diferentes entre os grupos fenológicos foliares e como elas se inter-relacionam em cada grupo. Supomos que essas características do lenho se diferenciem em DE, SD e SV devido às distintas áreas de sucção mantidas (folhagem) em cada um desses

grupos durante a estiagem de inverno no cerrado. As diferentes tensões sofridas pelo xilema em cada um dos grupos fenológicos foliares provavelmente condiciona lenhos com características próprias e com inter-relações particulares entre essas características evidenciando a estrutura e o funcionamento de cada grupo fenológico de arbóreas do cerrado.

Ao testarmos a possibilidade de agrupamento utilizando a altura de espécies adultas bem estabelecidas em condições naturais e as características físicas internas do lenho de ramos poderemos verificar se os grupos fenológicos foliares (DE, SD e SV) coincidem com os grupos funcionais. Por outro lado, as inter-relações das características estudadas poderão mostrar o significado da distribuição dessas características em cada grupo de arbóreas do cerrado. Portanto, postulamos que a aquisição do espaço aéreo, o estoque e uso de recursos como a água que passa e água que fica retida no lenho sejam significativamente diferentes em cada grupo estudado de arbóreas do Cerrado (DE, SD e SV).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área utilizada para o estudo foi a área de reserva de cerrado da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) no município de São Carlos, São Pulo, Brasil. Essa área, com cerca de 124 hectares, está localizada a nordeste do campus da UFSCar. O acesso a essa área é próximo à entrada Norte da UFSCar (21°58'46.3"S e 47°53'03.2"W). A área é ocupada predominantemente pela fisionomia *stricto sensu* do cerrado (Urbanetz *et al.*, 2013). Nessa fisionomia o estrato herbáceo é quase contínuo, interrompido por arbustos e árvores em densidades variáveis (Batalha, 2011) onde os principais padrões de crescimento estão associados às estações úmidas e secas alternantes (Bourlière e Hadley, 1983).

O clima da região é o Cwa (Köppen, 1948) com invernos secos e verões quentes e chuvosos (Urbanetz *et al.*, 2013). A estação seca ocorre entre abril e setembro seguida por uma estação úmida, entre outubro e março (Prado *et al.*, 2004; Damascos *et al.*, 2005). Os valores médios da precipitação anual e da temperatura do ar são de 1420 ± 168 mm e $22 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Souza *et al.*, 2009). A altitude local é de aproximadamente 860 m (Urbanetz *et al.*, 2013). O solo é classificado como latossolo distrófico com o lençol freático localizado a aproximadamente 10 m de profundidade (Kanno, 1998).

Espécies utilizadas

Utilizamos indivíduos arbóreos lenhosos adultos de 15 espécies. Todas essas espécies estão bem representadas na área de estudo (Oliveira e Batalha, 2005). As espécies foram agrupadas de acordo com sua deciduidade foliar conforme observado em campo e também por meio dos dados de Paula (2002), Souza *et al.* (2009, 2011) e Borges (2016) em três grupos fenológicos foliares. Decíduas (DE): *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.)

Altschul, *Caryocar brasiliense* Cambess., *Diospyros hispida* A.DC., *Guapira noxia* (Netto) Lundell, *Kielmeyera variabilis* Mart. & Zucc. Semidecíduas (SD): *Casearia sylvestris* Sw., *Eriotheca gracilipes* (K.Schum.) A.Robyns, *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, *Stryphnodendron polyphyllum* Mart., *Tibouchina stenocarpa* (DC.) Cogn. E espécies sempreverdes (SV): *Miconia albicans* (Sw.) Steud., *Miconia ligustroides* (DC.) Naudin, *Myrcia bella* Cambess., *Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker, *Schefflera macrocarpa* (Cham. & Schltdl.) Frodin.

Essas espécies estão distribuídas em pelo menos quatro famílias botânicas para cada grupo fenológico foliar (Tabela 1). As famílias estão classificadas de acordo com o sistema *The Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016) e a grafia dos nomes científicos e as abreviações dos autores foram verificadas, respectivamente, de acordo com a base de dados nomenclaturais *Tropicos* (Missouri Botanical Garden, 1995) e com o *The International Plant Name Index* (IPNI, 2004). Para todas as amostragens selecionamos indivíduos adultos crescendo em condições naturais. Foi possível certificar o estágio adulto de todos os indivíduos por meio da espessura do caule, altura da planta, aparência do súber e presença de flores ou frutos.

[Tabela 1]

Determinação da altura (Al)

As determinações da altura das plantas adultas para cada um dos grupos fenológicos (DE, SD e SV) ocorreram com auxílio de bastões de um metro graduados a cada 10 cm por meio de fitas coloridas. Prendemos o primeiro bastão ao solo distante a 1,5 m de cada indivíduo crescendo em condições naturais e sobrepusemos os demais bastões sobre o primeiro. Fotografamos os bastões sobrepostos e o indivíduo para posterior definição da

altura da planta por meio de análise da imagem obtida. Consideramos para a determinação da altura a distância vertical e perpendicular ao solo desde o colo da planta até a inserção da última folha na copa.

Georreferenciamos cada um dos indivíduos utilizando o marcador do *Google maps* (Google Maps, 2016) em dispositivo móvel por meio da internet. Utilizamos os indivíduos menos sombreados tanto próximos à borda como no interior da fisionomia *stricto sensu*. Medimos os primeiros 10 indivíduos adultos encontrados de cada espécie. No total foram determinadas as alturas de 50 indivíduos adultos para cada grupo fenológico, totalizando 150 indivíduos para a obtenção dos valores médios de altura para as espécies estudadas. As medidas foram realizadas entre novembro de 2014 e maio de 2015.

Coleta dos segmentos de ramos crescidos entre 2013-2014

Selecionamos cinco indivíduos adultos de cada espécie crescendo em condições naturais para coletarmos cinco segmentos de ramos desenvolvidos em uma estação completa de crescimento (entre agosto de 2013 e agosto de 2014). Os segmentos foram coletados durante os meses de setembro e novembro de 2014 distribuídos ao redor de toda a copa entre 0,5-2,5 m de altura. As porções apicais e não lignificadas (verdes) que cresceram a partir de agosto de 2014 foram removidas e descartadas, exceto para a semidecídua *Casearia sylvestris*. Nessa espécie o ramo apresentou lignificação desde o ápice. Portanto, somente as porções com um ano de idade, lignificadas e crescidas entre agosto de 2013 e agosto de 2014 foram úteis para as medidas de densidade e comprimento dos segmentos dos ramos.

Para determinar o local de início do crescimento do ramo foi observada a cicatriz que delimitava a base do segmento originado em agosto de 2013. Essa cicatriz indicando a pausa de crescimento na estiagem de inverno de 2013 foi facilmente localizada em todas as espécies decíduas e na semidecídua *Eriotheca gracilipes*. Para todas as espécies sempreverdes e para

as semidecíduas *Stryphnodendron adstringens*, *Stryphnodendron polyphyllum* e *Tibouchina stenocarpa* selecionamos segmentos de ramos com os mesmos critérios, mas originados a partir de gemas laterais sobre ramos parentais. Os segmentos de ramos coletados foram levados ao laboratório onde determinamos o comprimento, a densidade básica, a densidade relativa, a porosidade e a capacidade de embebição.

Medidas de comprimento, massa, volume capacidade de embebição dos segmentos de ramos

O comprimento (Cr) dos segmentos de ramos coletados em campo foi determinado por meio de um paquímetro graduado em mm e a massa fresca em balança analítica digital (Mettler, AE260 Delta Range, Suíça) no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal do Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar – São Carlos). A massa fresca inicial foi utilizada para acompanhar posteriormente a embebição dos ramos em água.

Os segmentos dos ramos foram embebidos em proveta com água e a determinação da massa ocorreu a cada 24 horas utilizando a massa fresca inicial como referência para a saturação total. O máximo teor de umidade (máxima embebição) foi atingido quando o valor da massa embebida foi constante e com diferença de massa entre duas pesagens inferior a 1%. Para a realização de cada pesagem foi removida apenas a água superficial aderida de cada segmento utilizando um papel de filtro. Logo após a pesagem os ramos retornaram às provetas com água.

O volume de cada segmento de ramo (volume verde, Vv) foi determinado em seu máximo teor de umidade (Trugilho *et al.* 1990). Submergimos totalmente cada segmento em uma proveta graduada contendo água (proveta de submersão). Após a imersão do segmento na proveta de submersão transferimos toda a água deslocada para uma proveta de leitura com capacidade de 10 mL e graduada a cada 0,1 mL (erro de $\pm 0,05$ mL). Para a obtenção da massa

seca dos segmentos de ramo as amostras permaneceram em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (Trugilho *et al.*, 1990; ABNT, 1997) e foram pesadas a cada 24 horas até atingirem massa constante, com alteração de valor inferior a 1% entre duas pesagens. Cada segmento de ramo seco foi identificado e armazenado em sacos de papel.

Determinação das características físicas internas dos segmentos de ramo

Densidade básica

Para a determinação da densidade básica das amostras utilizamos dois métodos (DB e Dv), descritos logo abaixo.

Densidade básica: método do máximo teor de umidade (Db)

A determinação da densidade básica (Db) por meio do método do máximo teor de umidade foi obtida por meio da relação entre a densidade da madeira e o seu máximo teor de umidade. A vantagem desse método é a determinação da densidade por meio da massa da amostra totalmente saturada com água sem necessariamente conhecer o volume da amostra (Smith, 1954). Browing (1967) sugeriu que esse método deva somente ser aplicado para amostras pequenas, de até 3000 mm^3 , como as utilizadas neste trabalho, devido à dificuldade de saturar completamente amostras maiores. O cálculo da densidade básica utilizou a fórmula proposta por Foelkel *et al.* (1971):

$$Db = \frac{1}{\left(\frac{MM}{MS}\right) - 0,346}$$

Em que Db é o valor da densidade básica (g cm^{-3}); MM é a massa em gramas (g) do segmento no máximo teor de umidade e MS representa a massa em gramas (g) do segmento seco.

Densidade básica: método de medição direta do volume por meio de cilindro graduado (Dv)

Quando o volume da amostra é conhecido podemos determinar a densidade básica (Dv) pela razão entre a massa seca e o volume verde (Chave *et al.*, 2009). A densidade básica foi obtida segundo a fórmula proposta por Trugilho *et al.*, 1990:

$$Dv = \frac{MS}{Vv}$$

Em que Dv é o valor da densidade básica (g cm⁻³) e Vv é o volume verde, ou seja, volume do segmento do ramo saturado.

Densidade relativa (Dr)

Esta medida refere-se à densidade da amostra como se não houvesse espaços vazios no interior do lenho. Mostra a densidade do material que compõe a matriz, desconsiderando seus poros. Para essa determinação foram utilizados os dados de massa seca e de volume seco, sendo este último, estimado. Se submetêssemos à submersão os segmentos de ramos secos imediatamente absorveriam água prejudicando a precisão dos dados de volume. Dessa forma, determinamos o volume seco (Vs):

$$Vs = \frac{Vv - (MM - MS)}{d_{\text{agua}}}$$

Em que Vs é o valor do volume seco (estimado, em cm³) e d_{água} é o valor da densidade da água, (0,997 g cm⁻³ a 25°C).

A densidade relativa das amostras secas é dada pela razão entre a massa seca e o volume seco.

$$Dr = \frac{MS}{Vs}$$

Porosidade (Po)

O volume vazio do lenho é constituído por cavidades celulares e espaços intercelulares (Usta, 2003). Portanto, a porosidade (Po) é definida como o volume fracionado de vazios do lenho (Siau, 1971). A quantidade de material da parede celular (K) pode ser medida a partir da densidade do lenho (Kellog e Wangaard, 1969):

$$K = \frac{d}{1,53}$$

Em que K representa a quantidade de material da parede celular; d é um valor conhecido de densidade e 1,53 é o valor adotado para a densidade relativa da parede celular em g cm^{-3} .

O volume de vazios (Po) é definido em relação à quantidade real de material de parede celular (Kellog e Wangaard, 1969):

$$Po = 1 - K$$

Em que Po é a porosidade, ou índice de volume de vazios da madeira e 1 representa o volume da madeira como todo. Como utilizamos Db (densidade básica sem influência do volume das amostras) para a determinação da porosidade, temos:

$$Po = \left(1 - \frac{Db}{1,53}\right) \times 100$$

Portanto o volume de vazios é representado como porcentagem (%).

Máxima capacidade de embebição (Ce)

A máxima capacidade de embebição representa a quantidade máxima de água que o lenho pode armazenar em sua saturação total, calculada da seguinte forma:

$$M_{ag} = MM - MS$$

Em que M_{ag} é o valor da massa (g) da água contida na amostra. A partir da massa da água contida no ramo (M_{ag}) utilizamos a densidade da água ($d = 0,997 \text{ g cm}^{-3}$ a 25°C) para a determinação do volume total de água.

$$V_{ag} = \frac{M_{ag}}{d}$$

Em que V_{ag} representa o volume (cm^{-3}) da água contida na amostra. A razão entre V_{ag} e MS representa a quantidade máxima de água em centímetros cúbicos (cm^3) que cada grama de lenho pode armazenar. De forma direta, Ce foi obtida como segue:

$$Ce = \frac{(MM - MS)/d_{\text{água}}}{MS}$$

Em que Ce é a capacidade máxima de embebição ($\text{cm}^3 \text{ g}^{-1}$).

Análise dos dados

Para executar as análises estatísticas foi utilizado o pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2015) do programa R (R Core Team, 2015), com funções específicas para comunidades vegetais. Para os dados referentes a cada característica de cada grupo fenológico realizamos o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a ocorrência de distribuição normal em cada conjunto de dados. Para as características que apresentaram distribuição normal dos dados foi realizada análise de variância ANOVA seguido do teste de Tukey para comparação múltipla. Aplicamos a análise de variância não paramétrica Kruskal-Wallis para os conjuntos de dados que não apresentaram distribuição normal. Isso ocorreu nos dados provenientes dos ramos. $N=125$ para cada característica do lenho em cada grupo fenológico e nos valores de altura $N=50$ para cada grupo fenológico.

A fim de verificar a correlação entre pares de características estudadas utilizamos o coeficiente de Spearman (r_s), pois nem todos os conjuntos de dados apresentaram distribuição normal. Para obter essa correlação utilizamos os parâmetros Al, Cr, Db, Dr, Po e Ce. Desconsideramos Dv nessa análise por essa variável apresentar praticamente os mesmos

valores médios e maior valor de desvio padrão que Db e ainda estar fortemente associada à variação de Db ($r_s > 0,98$).

Para definir o conjunto de dados utilizados na obtenção do coeficiente de Spearman foram sorteados, por meio do programa R, dois dentre os cinco ramos de cada indivíduo obtendo 10 dados de cada característica de ramo para cada espécie. As medidas de altura (10 indivíduos por espécie) foram distribuídas aleatoriamente entre os ramos sorteados resultando em um valor de N=50 para cada característica dentro de cada grupo fenológico.

Utilizamos variáveis fracamente correlacionadas (Al, Cr, Db e Dr, $r_s < |0,3|$) para realizarmos o teste “Não Paramétrico Multivariado de Análises de Variâncias”, NPMANOVA. Nesse teste utilizamos a distância de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957) por meio do programa Past, versão 2.17 (Hammer *et al.*, 2001). Para o teste NPMANOVA criamos 3 categorias de dados a fim de verificar qual dessas categorias poderia separar significativamente os grupos de arbóreas do cerrado. Em uma categoria colocamos os dados lineares (Al e Cr). Uma segunda categoria conteve os dados de densidade dos segmentos dos ramos (Db e Dr). A terceira categoria continha todos os dados anteriores (Al, Cr, Db e Dr).

Para separar as espécies em grupos distintos de acordo com as características do lenho realizamos análises de agrupamento utilizando o método de agrupamento não hierárquico por k -médias. Esse método divide os objetos, nesse caso as espécies, em k grupos de modo que dois objetos do mesmo grupo sejam mais similares do que objetos contidos em outros grupos. Para esse teste utilizamos as médias dos valores de cada característica para cada espécie (N=15 para cada característica). Como os dados obtidos foram medidos em unidades diferentes tivemos que padronizá-los para compará-los. Para isso foi utilizada a função *decostand* do pacote de funções *vegan* no programa R. Esse método transforma os dados de forma que apresentem média igual a zero e desvio padrão igual a um. Isso é atingido subtraindo de cada um dos dados a média e dividindo pelo desvio padrão. Com os dados

padronizados foi solicitada a possibilidade de formar de 2 a 5 grupos em 1000 iterações aleatórias utilizando as características fracamente correlacionadas (Al, Cr, Db e Dr, $r_s < |0,3|$). Para esse tipo de análise considerou-se o critério estatístico de Calinski e Harabasz (1974), *variance ratio criterion* (VRC), que mostra o número ideal de grupos formados de acordo com os dados utilizados. Para saber como as espécies se distribuía em relação às características do lenho realizamos uma análise de componentes principais (PCA) também utilizando as características fracamente correlacionadas (Al, Cr, Db e Dr, $r_s < |0,3|$).

RESULTADOS

O maior valor médio para a altura nas DE (3,5 m) foi significativamente diferente em relação às SV (2,7 m, Tabela 2). As SD apresentaram um valor médio intermediário para a altura (3,1 m) e sem diferença significativa. Valores máximo e mínimo para as médias das alturas foram 6,0 m para *Anadenanthera peregrina* var. *facata* (DE) e 1,6 m para *Myrcia bella* (SV). O indivíduo mais alto encontrado foi o da espécie *A. peregrina* var. *facata* (DE) com 9,0 m, e os menores indivíduos foram *Casearia sylvestris* (SD) e *Miconia ligustroides* (SV) com 1,2 m de altura. Para o comprimento dos segmentos dos ramos crescidos em uma estação de crescimento (Cr, Tabela 2) as espécies SV apresentam o maior valor médio (16,9 cm), as SD valor médio intermediário (11,7 cm) e as DE o menor valor (10,6 cm). Há diferença significativa dos valores médios de Cr entre DE-SV e entre SD-SV. Os valores máximo e mínimo para a média de Cr foram de 28,0 e 8,1 cm em *Piptocarpha rotundifolia* (SV) e *Kielmeyera variabilis* (DE), respectivamente.

[Tabela 2]

As médias dos valores de densidades (Db, Dv e Dr) nas DE foram significativamente menores que nas SV (Tabela 3). Ocorreram diferenças significativas entre os três grupos fenológicos somente para Dv e Dr. A Db apresentou o menor desvio padrão entre as densidades obtidas em cada um dos 3 grupos fenológicos foliares (Tabela 3). Inversamente aos valores de densidade, as DE apresentam os maiores valores médios para a capacidade de embebição (Ce) e para a porosidade (Po) dos segmentos dos ramos (Tabela 3). Os valores médios máximos foram 3,8 mL g⁻¹ e 85,3 %, respectivamente, para Ce e Po em *Kielmeyera variabilis* (DE). Os valores médios mínimos foram 1,5 mL g⁻¹ e 69,6 %, respectivamente, para

Ce e Po em *Miconia ligustroides* (SV). As SD se assemelharam às SV tanto para a Po como para Ce dos segmentos dos ramos (Tabela 3).

[Tabela 3]

Em síntese, as espécies DE apresentam valores significativamente diferentes em relação às SV para todas as variáveis das Tabelas 2 e 3. Portanto, as DE adultas foram mais altas, apresentaram segmentos de ramos desenvolvidos em uma estação de crescimento (2013-2014) mais curtos, menos densos, mas com maior capacidade de embebição e maior porosidade que as espécies SV. As SD apresentaram valores médios com diferença significativa em relação às DE ou às SV dependendo da variável considerada nas Tabelas 2 e 3. Na altura as SD são similares aos outros grupos, mas para o comprimento do ramo (Cr) assemelham-se somente às DE (Tabela 2). Para Db, Po e Ce as SD são similares às SV, mas diferem simultaneamente de SV e DE para Dv e Dr (Tabela 3).

Para os valores de coeficiente de correlação de Spearman (r_s), considerando a variação de -1 a +1, as SD apresentaram valores intermediários de r_s em relação às DE e SV para todas as correlações da Tabela 4, exceto para Cr-Dr. As espécies DE e SV apresentaram comportamentos contrastantes com 8 das 12 valores de r_s com sinais opostos (Tabela 4). Em adição, as correlações com sinais iguais de r_s (Db-Dr, Dr-Po e Dr-Ce) apresentaram valores menores (<12%) para SV em relação às DE na Tabela 4, exceto para Cr-Dr.

Nas correlações utilizando a variável altura (Al-Db, Al-Po e Al-Ce) os valores de $|r_s|$ são moderados (0,47-0,49) e similares entre DE e SV, mas com sinais opostos (Tabela 4). Assim, conforme aumenta a altura aumenta também os valores de Db e diminui os de Po e Ce nas DE, ocorrendo o oposto nas SV. Nessas correlações envolvendo altura foram obtidos valores reduzidos de r_s nas SD (0,07-0,08). Observando a somatória ($\Sigma |r_s|$) dos módulos dos

valores do coeficiente de Spearman ($|r_s|$), as SD apresentaram um valor reduzido (1,1) menor que metade do obtido para DE e SV, 3,5 e 3,4, respectivamente (Tabela 4).

Quanto ao comprimento dos segmentos de ramo (Cr) há forte correlação com a altura apenas nas SV ($r_s=0,783$). Nas correlações Cr-Db, Cr-Po e Cr-Ce nas DE e SV os valores de $|r_s|$ são reduzidos (0,21-0,36), e os valores de r_s são negativos em DE e positivos em SV. Nas SD as correlações envolvendo Cr apresentam valores reduzidos ($|r_s| < 0,15$), mas ainda assim elevados quando a altura está envolvida ($|r_s| < 0,09$).

[Tabela 4]

Agrupando as variáveis com características comuns como as medidas lineares (Al e Cr), as medidas de densidades (Db e Dr) ou ainda todas as medidas em conjunto foi possível estabelecer qual o grupo mínimo de variáveis estudadas e pouco correlacionadas ($r_s < |0,3|$: Al, Cr, Db e Dr) poderia separar os grupos fenológicos foliares (DE, SD e SV) por meio do teste Não Paramétrico Multivariado de Análises de Variâncias (NPMANOVA, Tabela 5). Por meio da categoria de medidas lineares (Al e Cr) e por meio de todas as medidas em conjunto (Al, Cr, Db e Dr) foi possível diferenciar significativamente DE/SV e SD/SV. Por outro lado, a categoria das densidades básica e relativa do lenho dos segmentos dos ramos crescidos em uma estação de crescimento (2013-2014) foi capaz de diferenciar DE/SV e DE/ SD. Resumindo, os três grupos fenológicos de espécies arbóreas adultas do Cerrado em condições naturais puderam ser diferenciados significativamente usando características externas com uma dimensão (medidas lineares Al e Cr) e internas que abrange três dimensões espaciais (Db e Dr) do lenho.

[Tabela 5]

Para a análise de agrupamento realizada com as espécies estudadas, o resultado sugeriu a formação de cinco grupos de acordo com o critério estatístico de Calinski. Porém, para as formações com três, quatro ou cinco grupos, sempre há um ou mais grupos com apenas uma espécie. Para verificar se a análise não estaria simplesmente separando as espécies umas das outras, solicitamos a formação do maior número possível de grupos, ou seja, 14 grupos (N-1). Nessa análise verificamos que, para as formações entre 3 e 14 grupos, a quantidade de grupos com apenas uma espécie crescia de acordo com o aumento do número de grupos solicitados. Assim com 14 grupos as únicas espécies que se mantiveram num mesmo grupo foram *Stryphnodendron adstringens* e *Stryphnodendron poliphyllum*. Para que nenhum grupo permanecesse com apenas uma espécie o resultado considerado foi o de dois grupos:

Grupo 1: *Schefflera macrocarpa* (SV); *Eriotheca gracilipes* (SD); *Kielmeyera variabilis* (DE); *Diospyros hispida* (DE); *Caryocar brasiliense* (DE) e *Guapira noxia* (DE).

Grupo 2: *Piptocarpha rotundifolia* (SV); *Miconia albicans* (SV); *Myrcia bella* (SV); *Miconia ligustroides* (SV); *Stryphnodendron poliphyllum* (SD); *Casearia sylvestris* (SD); *Tibouchina stenocarpa* (SD); *Stryphnodendron adstringens* (SD); *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (DE).

O diagrama de ordenação da PCA resumiu 70% da variação total dos dados nos dois primeiros eixos (PC1 e PC2), sendo 41 e 29% da variação explicadas por PC1 e PC2, respectivamente (Fig. 1). No lado positivo de PC1 estão os vetores correspondentes às variáveis utilizadas. Exatamente as mesmas espécies componentes do Grupo 2 acima formado

pela análise de agrupamento se relacionam positivamente a PC1. Por outro lado, as espécies componentes do Grupo 1 formado pela análise de agrupamento acima foram destacadas na Fig.1 em cinza e se relacionam negativamente ao longo do eixo PC1. Ou seja, a maioria das DE estudadas se encontram no Grupo 1 e ao lado esquerdo da Fig. 1 e a maioria das SV no Grupo 2 e ao lado direito da Fig. 1. A maioria das SD se encontram no Grupo 2 e ao lado direito das Fig. 1, onde estão as SV. Para o segundo eixo (PC2), Al e Db apresentam correlações negativas enquanto Dr e Cr, apresentam correlações positivas.

[Fig. 1]

DISCUSSÃO

Os valores médios de Al, Db, Dv, Dr, Po e Ce corroboraram com o esperado quando comparamos apenas os grupos DE e SV. As SD posicionaram-se de forma variada tanto em valores médios quanto em termos de diferenças significativas das médias em relação às DE e SV. As espécies DE apresentaram maiores valores médios de altura mesmo apresentando menores valores de comprimento de ramos. Com copas menos ramificadas (Souza *et al.*, 2011) e raízes mais profundas (Jackson *et al.*, 1999) as DE, respectivamente, evitam a perda de carga no transporte em fluxo em massa de água até o ápice da copa e aumenta o acesso à água disponível no solo. Dessa forma as DE podem apresentar copas mais elevadas sem comprometer os dutos do xilema com tensões excessivamente negativas. As SV apresentam situação oposta. Com uma copa mais ramificada (Souza *et al.*, 2011), com ramos mais extensos (Souza *et al.*, 2009 e Tabela 2) e raízes menos profundas (Jackson *et al.*, 1999) a altura da copa das SV deve ser limitada. Essa limitação exige menos dos condutores do xilema em uma copa total permanência da folhagem (SV) evitando tensões excessivas que podem resultar na quebra da coluna de água ou no rompimento dos vasos condutores no pico da estação seca.

De fato, a manutenção de folhas durante o ano possibilita o constante transporte de água no xilema das SV. Com a reduzida disponibilidade de água no solo na estiagem de inverno lenhos mais densos são mais resistentes à implosão dos vasos xilemáticos, ou seja, menos vulneráveis à perda de condutividade hidráulica (Hacke *et al.*, 2001; Markesteijn e Poorter, 2009). Por outro lado, elevados valores de densidade básica do lenho estão relacionados à reduzida porosidade (Usta, 2003) e reduzida capacidade de armazenamento de água (Jacobsen *et al.*, 2007; Pratt *et al.*, 2007; Sperry *et al.*, 2008). Ralmente, as SV apresentaram o lenho com menor porosidade e menor capacidade de embebição que as DE

(Tabela 3). Essa relação também pode ser observada dentro de uma mesma espécie. É o que ocorre em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*. Mesmo sendo uma espécie DE o valor médio de Db está 20% acima das SD, que são, em média, as mais densas (Tabela 3). Conseqüentemente, a porosidade (Po) de *A. peregrina* var. *falcata* está 6% abaixo do valor médio de Po das SD, que são as menos porosas (Tabela 3). Essa relação entre Db com Po e Ce é o que pode ter aproximado *A. peregrina* var. *falcata* (DE) das SD e SV na análise de agrupamento e no diagrama de ordenação da PCA (Fig 1). Por outro lado, os valores extremos encontrados para densidade básica do lenho dos segmentos dos ramos (0,225 e 0,465 g cm⁻³ para a decídua *Kielmeyera variabilis* e a sempreverde *Miconia ligustroides*, respectivamente) estão dentro do intervalo (0,20-0,78 g cm⁻³) obtido por Vale *et al.* (2002) para ramos e caule de árvores adultas de 47 espécies em um cerrado *stricto sensu* no Distrito Federal, área central da distribuição do complexo vegetacional do Cerrado no Brasil.

DE apresentam lenho dos ramos com maior porosidade e, conseqüentemente, com maior capacidade de embebição e armazenamento de água (Tabela 3). A maior quantidade de água por volume ou massa de lenho pode estar nos espaços vazios do lúmen das células mortas do xilema, nos espaços intercelulares e embebendo as paredes das células (Rollo, 2009). De fato, com densidade relativamente inferior, espécies DE arbóreas apresentam em média maior número de vasos por unidade de lenho (Lindorf, 1994). As reservas de carbono, nutrientes e de água acumuladas na estação chuvosa prévia são os recursos potenciais no pico da estação seca para o desdobramento das gemas pré-formadas nas DE arbóreas do cerrado (Damascos *et al.*, 2005). Dessa forma as DE podem recompor a folhagem sincronicamente (em *flush*) mesmo antes que inicie o período chuvoso (Damascos *et al.*, 2005). Em outras palavras, os ramos das espécies DE funcionam como armazenadores significativos de água que podem atender a demanda hídrica no início da expansão foliar. Após a primeira expansão em *flush* as DE já podem apresentar capacidade de sucção para movimentar toda a coluna de

água desde as raízes. Raízes profundas nas DE (Jackson et al., 1999) capazes de atingir camadas abaixo de 1,0 m com valores de potencial hídrico acima de -1,5 MPa ao longo do ano (Oliveira *et al.*, 2005) promoveria a expansão final da área da folhagem antes das primeiras chuvas (Damascos *et al.*, 2005).

A relação negativa da densidade básica do lenho com a altura da planta ($r_s=-0,49$) pode ser também um fator limitante para o crescimento em altura das espécies SV. Com a tendência de redução da densidade do lenho com o aumento em altura as copas muito elevadas de SV poderiam comprometer o estado físico dos condutores dos ramos no pico da estação seca e sob a demanda hídrica de uma folhagem completa. Portanto, um fluxo de água constante durante o ano exige um lenho denso, principalmente nos ramos mais altos, limitando a altura das SV por meio da relação AI-Db (Tabela 4). Nas DE ocorre o inverso, quanto maior a altura maior a densidade básica do lenho nos ramos ($r_s=0,47$, Tabela 4). Essa relação favorece o crescimento em altura das DE permitindo copas mais elevadas com segurança hídrica nos ramos (Tabelas 2 e 3). Isso seria também vantajoso para as copas elevadas das DE nos períodos curtos de seca na época chuvosa (veranicos), no início da seca quando apresentam elevada área foliar ou na expansão inicial sincrônica da folhagem no final da seca. Por outro lado, os maiores valores de P_o e de C_e nos ramos em função de alturas mais elevadas de copa nas SV pode ser uma vantagem na manutenção do crescimento contínuo dos ramos e da folhagem, principalmente na estiagem de inverno.

Sumarizando, há uma clara relação entre a deciduidade foliar, a altura da planta, a densidade básica, a porosidade e a capacidade de embebição dos ramos para as espécies arbóreas do cerrado. Essas relações estão associadas à manutenção da água nos ramos para atender a expansão das folhas e dos próprios ramos em função da deciduidade foliar condicionada pela estiagem de inverno. Nas DE essa inter-relação é importante para a manutenção da folhagem antes da abscisão no início da seca ou na expansão das folhas antes

das primeiras chuvas no final da estiagem. Nas SV as relações hídricas entre ramo, altura da copa e folhagem permanente são viabilizadas por meio da elevada densidade do lenho dos ramos, capazes de manter a integridade dos condutores mesmo no pico da estação seca.

Dada a consistência das inter-relações das características físicas internas (Db, Dr, Po e Ce) e externas (Al e Cr) do lenho nas SV e DE, o menor valor de $\sum |r_s|$ (Tabela 4) e as médias significativamente iguais ou diferentes das DE e SV (Tabelas 2 e 3) indicam que as SD apresentam um maior espectro de respostas às condições hídricas durante a estiagem de inverno. Sendo assim, as DE e SV ocupam posições opostas e extremas, enquanto as SD formam um grupo distinto não em uma posição intermediária, mas em posição dentro do espectro DE-SV, com características particulares.

O contraste em estrutura e funcionamento de DE e SV pode ser detectado por meio da formação de dois grupos utilizando as 15 espécies estudadas na análise de agrupamento. A lista de espécies que formam esses dois grupos foi corroborado por meio do diagrama de ordenação da PCA (Figura 1). A própria comparação aos pares por meio de médias indicou um grupo com o lenho nos ramos apresentando reduzida densidade, mais poros, com elevada capacidade de embebição, com menor comprimento e conectados em copas mais elevadas (DE). Essas características para as SV foram significativamente opostas.

De fato, grupos funcionais de espécies arbóreas em regiões sazonalmente secas podem ser determinados por meio de respostas fenológicas e de características fisiológicas e estruturais (Holbrook *et al.*, 1995). A densidade (Borchert, 1994) e a capacidade de armazenamento de água (Pavón e Briones, 2001) no lenho são exemplos de características estruturais de espécies de regiões com clima sazonal que podem diferenciar grupos de plantas em grupos funcionais. Os resultados obtidos nesse trabalho indicaram características físicas internas (Db, Dr, Po e Ce) e externas (Al e Cr) do lenho significativamente diferentes entre grupos fenológicos foliares de espécies arbóreas do cerrado. As inter-relações dessas

características confirmaram a existências desses grupos evidenciando forte contraste entre DE e SV e diferenciando as SD, cujas espécies apresentam menor comprometimento entre as características, mostrando maior plasticidade para as respostas às condições ambientais.

CONCLUSÕES

O grau de deciduidade foliar está fortemente relacionado às características físicas internas e externas do lenho das arbóreas do cerrado. A permanência das folhas é uma das características que em conjunto de várias outras características físicas inter-relacionadas determinam a estrutura e o funcionamento dos grupos funcionais de arbóreas do Cerrado. Além da distinta permanência da folhagem em cada grupo fenológicos, há diferenças físicas internas e externas estruturais no lenho das espécies arbóreas do cerrado. DE e SV se apresentaram de maneira contrastante nessas características, por meio de valores médios e de inter-relações dessas características. As SD não apresentaram um padrão definido quanto ao seu posicionamento relativo às DE e SV por meio de valores médios para a maioria das características determinadas. Como os coeficientes de correlação entre as características mostraram valores intermediários nas SD que se apresentaram dispersas entre DE-SV em análises de similaridade as SD devem constituir um grupo funcional distinto. Mesmo com semelhanças entre SD-SV as SD mostraram pouca interdependência entre suas características do lenho, o que pode resultar em maior plasticidade de resposta ao estresse ambiental.

LITERATURA CITADA

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1997.** *NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira.* Rio de Janeiro. 107 p.
- APG IV – The Angiosperm Phylogeny Group. 2016.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* **181**: 1-20.
- Batalha MA. 2011.** O cerrado não é um bioma. *Biota Neotropica*. **11(1)**: 21-24.
- Borchert R. 1994.** Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* **75**: 1437-1449.
- Borges MP. 2016.** *Caracterização dos grupos funcionais de espécies arbóreas do cerrado.* Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Borges MP, Prado CHBA. 2014.** Relationships between leaf deciduousness and flowering traits of woody species in the Brazilian neotropical savanna. *Flora* **209**: 73-80.
- Bourlière F, Hadley M. 1983.** Present-day savannas: an overview. In: Goodall DW (ed.). *Ecosystems of the world – tropical savannas Elsevier*, Amsterdam, p.1-17.
- Bray JR, Curtis JT. 1957.** An ordinate on of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, **27**: 325–349.
- Browning BL. 1967.** *Methods of wood chemistry.* New York, Interscience.364 p.
- Bunker DE, DeClerck F, Bradeford JC, Colwell RK, Perfecto I, Phillips OL, Sankaran M, Naeem S. 2005.** Species loss and aboveground carbono storage in a tropical forest. *Science* **310**: 1029-1031.
- Calinski T, Harabasz J. 1974.** A Dendrite Method for Cluster Analysis. *Communications in Statistics – Theory and Methods* **3**: 1-27.

- Chave J, Coomes D, Jansen S, Lewis SL, Swenson NG, Zanne AE. 2009.** Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* **12**: 351-366.
- Damascos MA, Prado CHBA, Ronquim CC. 2005.** Bud composition, branching patterns and leaf phenology in cerrado woody species. *Annals of Botany* **96**: 1075-1084.
- Diaz S, Cabido M, Zak M, Martinez Carretero E, Aranibar J. 1999.** Plant functional traits, ecosystem structure and land-use history along a climatic gradient in central-western Argentina. *Journal of Vegetation Science*. **10**: 651-660.
- Foelkel CEB, Brasil MAM, Barrichelo LEG. 1971.** Método para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais* **2/3**: 65-74.
- Google Maps.** [Área de Reserva de cerrado da UFSCAR]. [2016]. Nota: link referente ao ponto onde localiza-se o portão de acesso à reserva. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/UMK22G4HJtQ2>>. Último acesso em 27/08/2016.
- Hacke UG, Sperry JS, Pockman WT, Davis SD, McCulloh KA. 2001.** Trends in wood density and structure and linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia* **126**: 457-461.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001.** PAST-Palaeontological Statistics, ver. 2.17. *Palaeontologia electronica*. 4, 1, 9. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>.
- Holbrook NM, Whitbeck JL, Mooney HA. 1995.** Drought responses of neotropical dry forest trees. In: Bullock, S.H.; Mooney, H.A.; Medina, E. (eds.) *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University press, 243-276.

- IPNI. The International Plant Name Index. 2004.** *Search Authors*. Disponível em <<http://ipni.org/index.html>>. Acesso em dez. 2015.
- Jackson PC, Meinzer FC, Bustamante M, Goldstein G, Franco A, Rundel PW, Caldas L, Iglar E, Causin F. 1999.** Partitioning of soil water among tree species in a 518 Brazilian Cerrado ecosystem. *Tree Physiology*. **19**: 717-724.
- Jacobsen AL, Pratt RB, Ewers FW, Davis SD. 2007.** Cavitation resistance among 26 chaparral species of Southern California. *Ecol. Monogr.*, **77**: 99–115.
- Kanno SS. 1998.** *Estudo ecofisiológico de duas espécies nativas do cerrado: Kielmeyera coriacea e Kielmeyera variabilis – A disponibilidade hídrica e sua relação com as trocas gasosas, o potencial hídrico foliar e a fenologia*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Kellog RM, Wangaard FF. 1969.** Variation in the cell-wall density of wood. *Wood and Fiber*. **1**: 180-204.
- Köppen W. 1948.** *Climatologia: Con un estudio de los climas de La tierra*. México: Fondo de Cultura Económica. 478p.
- Kozlowski TT, Kramer PJ, Pallardy SG. 1991.** **The physiological ecology of woody plants**. San Diego: Academic Press. 657 p.
- Lenza E, Klink CA. 2006.** Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* **29**: 627-638.
- Lindorf H. 1994.** Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA Journal* **15**: 361-376.

- Markesteijn L, Poorter L. 2009.** Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought- and shade-tolerance. *Journal of Ecology*. **97**: 311–325.
- Missouri Botanical Garden. 1995.** *Tropicos – Nomenclatural database*. Disponível em <<http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx>>. Acesso em dez. 2015.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O’Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Steves MHH, Wagner H. 2015.** “vegan”: Community Ecology. *Package*. R package version 2.3-1. URL <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira FF, Batalha MAPL. 2005.** Lognormal abundance distribution of woody species in a cerrado fragment. *Revista Brasileira de Botânica* **28**: 39-45.
- Oliveira RS, Bezerra L, Davidson EA, Pinto F, Klink CA, Nepstad DC, Moreira A. 2005.** Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. *Functional Ecology* **19**: 574-581.
- Pallardy S.G. Physiology of woody plants. 2008.** 3.ed. San Diego: Elsevier/Academic, 454p.
- Paula NF. 2002.** *Capacidade fotossintética, deciduidade e teor de nitrogênio e fósforo em espécies lenhosas do cerrado*. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Pavón NP, Briones O. 2001.** Phenological patterns of nine perennial plants in na intertropical semi-arid Mexican Scrub. *Journal of Arid Environments* **49**: 265-277.

- Prado CHBA, Wenhui Z, Rojas MHC, Souza GM. 2004.** Seasonal leaf gas Exchange and water potential in a woody cerrado species community. *Brazilian Society of Plant Physiology* **16**: 7-16.
- Pratt RB, Jacobsen AL, Ewers FW, Davis SD. 2007.** Relationships among xylem transport, biomechanics and storage in stems and roots of nine Rhamnaceae species of the California chaparral. *New Phytol.*, **174**: 787–798.
- R Core Team. 2015.** *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reich PB, Wright IJ, Cavender-Bares J, Craine JM, Oleksyn J, Westoby M, Walters MB. 2003.** The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal of Plant Sciences* **164**: 143-164.
- Rollo LCP. 2009.** *Tomografia de impulso para estimativa da densidade da madeira*. Dissertação de mestrado. ESALQ – USP. Piracicaba.
- Siau JF. 1971.** *Flow in Wood*. London: Syracuse University Press. 131p.
- Singh, K.P.; Kushwaha, C.P. 2005.** Emerging paradigms of tree phenology in dry tropics. *Current Science* **89**: 964-975.
- Shugart, H.H. 1997.** Plant and ecosystem functional types. In: Smith, T.M.; Shugart, H.H.; Woodard, F.I. (eds.) *Plant functional types: their relevance to ecosystem properties and global change*. Cambridge: International Geosphere-Biosphere Programme Book Series. Cambridge University Press. 20-43.
- Smith DM. 1954.** *Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples*. Madison: Forest Products Laboratory. Op. (Report 2014).

- Sobrado MA. 1997.** Embolism vulnerability in drought-deciduous and evergreen species of a tropical dry forest. *Acta Oecologica* **18**: 383-391.
- Souza JP, Prado CHBA, Albino ALS, Damascos MA. 2009.** Shoot-foliage relationships in deciduous, semideciduous, and evergreen cerrado tree species. *Brazilian Journal of Plant Physiology* **21**: 76–86.
- Souza, J.P.; Prado, C.H.B.A.; Albino, A.L.S.; Damascos, M.A.; Souza,G.M. 2011.** Network analysis of tree crowns distinguishes functional groups of cerrado species. *Plant Ecology* **212**: 11–19.
- Sperry JS, Tyree M. 1988.** Mechanism of Water Stress-Induced Xylem Embolism. *Plant Physiol.* **88**: 581-587.
- Sperry JS, Donnelly JR, Tyree MT. 1988.** A method for measuring hydraulic conductivity and embolism in xylem. *Plant, Cell and Environment.* **11**: 35-40.
- Sperry JS, Meinzer FC, McCulloh KA. 2008.** Safety and efficiency conflicts in hydraulic architecture: scaling from tissues to trees. *Plant Cell Environ.*, **31**: 632–645.
- Trugilho PF, Silva DA, Frazão FJM, Matos JLM. 1990.** Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. *Acta Amazonica* **20**: 307-319.
- Urbanetz C, Shimizu GH, Lima MIS. 2013.** An Illustrated Angiosperm Flora of Cerrado and Riparian Forest, São Carlos, Brazil. *Check List.* **9(2)**: 275-193.
- Usta I. 2003.** Comparative Study of Wood Density by Specific Amount of Void Volume (Porosity). *Turk J Agric For.* **27**: 1-6.
- Vale AT, Brasil MAM, Leão AL. 2002.** Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies de cerrado. *Ciência Florestal.* **12**: 71-80.
- Wiedenhoeft AC. 2013.** Structure and function of wood. In: Rowell, R.M. (eds.) *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites* New York: Taylor & Francis Group. 9-30.

- Woodward, F.I.; Kelly, C.K. 1997.** Plant functional types: towards a definition by environmental constraints. In: Smith, T.M.; Shugart, H.H.; Woodward, F.I. (eds.) *Plant functional types: their relevance to ecosystem properties and global change*. Cambridge: International Geosphere-Biosphere Programme Book Series. Cambridge University Press. 47-65.
- Walker BH, Noy-Meir I.** 1982. Aspects of the stability and resilience of savanna ecosystems. In *Ecology of Neotropical Savannas*. Ecol. Stud. 42. Springer, Berlin, pp 556-590.
- Waller DM.** 1986. The dynamics of growth and form. *Plant Ecology* (Crawley, M.J.) 291-320. Oxford.

TABELAS

Tabela 1: Espécies de cerrado crescendo em condições naturais utilizadas como indivíduos arbóreos adultos e seus respectivos autores e famílias botânicas segundo sistema de classificação *The Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016). DE = decíduas, SD = semidecíduas, SV = sempreverdes.

Grupo Fenológico	Família	Espécies, autor(es)
DE	Fabaceae – Mimosoideae	<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul
	Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.
	Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.
	Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell
	Calophyllaceae	<i>Kielmeyera variabilis</i> Mart. & Zucc.
SD	Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.
	Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns
	Fabaceae – Mimosoideae	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville
	Fabaceae – Mimosoideae	<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.
	Melastomataceae	<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn.
SV	Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.
	Melastomataceae	<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin
	Myrtaceae	<i>Myrcia bella</i> Cambess.
	Asteraceae	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker
	Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schlttdl.) Frodin

Tabela 2: Valores médios \pm desvio padrão da altura (Al) e comprimento do ramo (Cr) em indivíduos adultos de espécies lenhosas de cerrado crescendo em condições naturais. Valores em negrito correspondem aos valores médios \pm desvio padrão para cada grupo fenológico foliar. DE = decíduas, SD = semidecíduas, SV = sempreverdes. Para altura N = 10 indivíduos por espécie. Para os ramos N = 25 por espécie (5 ramos por indivíduos em cada espécie). Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão dos grupos indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos para cada característica após teste Kruskal-Wallis.

Grupo Fenológico	Espécies	Al (m)	Cr (cm)
DE	<i>A. peregrina v. falcata</i>	5,995 \pm 2,003	8,886 \pm 3,014
	<i>C. brasiliense</i>	3,035 \pm 1,770	12,356 \pm 7,431
	<i>D. hispida</i>	3,360 \pm 0,967	11,224 \pm 5,058
	<i>G. noxia</i>	2,360 \pm 0,556	9,638 \pm 6,584
	<i>K. variabilis</i>	2,970 \pm 0,495	8,134 \pm 3,139
			3,544 \pm 1,796 A
SD	<i>C. sylvestris</i>	1,910 \pm 0,639	17,760 \pm 6,587
	<i>E. gracilipes</i>	4,080 \pm 1,453	7,624 \pm 2,538
	<i>S. adstringens</i>	3,160 \pm 1,029	9,670 \pm 3,186
	<i>S. polyphyllum</i>	2,740 \pm 0,560	8,738 \pm 3,002
	<i>T. stenocarpa</i>	3,510 \pm 1,369	14,662 \pm 7,290
			3,080 \pm 1,267 AB
SV	<i>M. albicans</i>	2,465 \pm 0,595	14,166 \pm 4,272
	<i>M. ligustroides</i>	1,850 \pm 0,420	11,214 \pm 4,564
	<i>M. bela</i>	1,620 \pm 0,255	8,492 \pm 3,357
	<i>P. rotundifolia</i>	3,695 \pm 0,848	28,098 \pm 8,964
	<i>S. macrocarpa</i>	3,780 \pm 0,804	22,354 \pm 9,223
		2,682 \pm 1,094 B	16,865 \pm 9,763 A

Tabela 3: Valores médios \pm desvio padrão da densidade básica pelo método do máximo teor de umidade (Db), e pela medição do volume (Dv); da densidade relativa dos ramos (massa seca/volume seco, Dr); porosidade (Po), e capacidade de embebição (Ce) em segmentos de ramos de indivíduos adultos de espécies lenhosas de cerrado crescendo em condições naturais. Valores em negrito correspondem aos valores médios \pm desvio padrão para cada grupo. GF = Grupo Fenológico, N = 5 ramos para cada indivíduo (5 indivíduos por espécie). DE = decíduas, SD = semidecíduas, SV = sempreverdes. Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão dos grupos indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos para cada característica após teste *t* para Db, Dv e Po e Kruskal-Wallis para Dr e Ce.

GF	Espécies	Db (g cm ⁻³)	Dv (g cm ⁻³)	Dr (g cm ⁻³)	Po (%)	Ce (mL g ⁻¹)
DE	<i>A. peregrina</i> v. <i>falcata</i>	0,461 \pm 0,039	0,441 \pm 0,046	1,366 \pm 0,252	69,839 \pm 2,567	1,533 \pm 0,188
	<i>C. brasiliense</i>	0,312 \pm 0,040	0,301 \pm 0,041	1,343 \pm 0,295	79,626 \pm 2,615	2,620 \pm 0,480
	<i>D. hispida</i>	0,328 \pm 0,028	0,301 \pm 0,022	1,139 \pm 0,215	78,571 \pm 1,804	2,425 \pm 0,265
	<i>G. noxia</i>	0,254 \pm 0,034	0,252 \pm 0,035	1,531 \pm 0,284	83,411 \pm 2,252	3,376 \pm 0,621
	<i>K. variabilis</i>	0,225 \pm 0,024	0,190 \pm 0,022	0,683 \pm 0,100	85,290 \pm 1,539	3,844 \pm 0,436
			0,316 \pm 0,089	0,297 \pm 0,090	1,212 \pm 0,377	79,347 \pm 5,786
		B	C	C	A	A
SD	<i>C. sylvestris</i>	0,366 \pm 0,047	0,359 \pm 0,038	1,551 \pm 0,496	76,088 \pm 3,047	2,134 \pm 0,399
	<i>E. gracilipes</i>	0,304 \pm 0,027	0,293 \pm 0,029	1,362 \pm 0,399	80,132 \pm 1,788	2,670 \pm 0,300
	<i>S. adstringens</i>	0,426 \pm 0,023	0,423 \pm 0,030	1,581 \pm 0,487	72,142 \pm 1,490	1,704 \pm 0,122
	<i>S. polyphyllum</i>	0,416 \pm 0,052	0,407 \pm 0,056	1,444 \pm 0,217	72,837 \pm 3,412	1,793 \pm 0,331
	<i>T. stenocarpa</i>	0,410 \pm 0,033	0,414 \pm 0,053	1,880 \pm 1,725	73,215 \pm 2,166	1,807 \pm 0,207
			0,384 \pm 0,059	0,379 \pm 0,064	1,563 \pm 0,861	74,883 \pm 3,844
		A	A	A	B	B
SV	<i>M. albicans</i>	0,361 \pm 0,052	0,356 \pm 0,063	1,527 \pm 0,517	76,395 \pm 3,400	2,178 \pm 0,412
	<i>M. ligustroides</i>	0,465 \pm 0,025	0,462 \pm 0,024	1,531 \pm 0,179	69,625 \pm 1,658	1,509 \pm 0,122
	<i>M. bela</i>	0,401 \pm 0,053	0,362 \pm 0,054	1,138 \pm 0,334	73,775 \pm 3,491	1,894 \pm 0,395
	<i>P. rotundifolia</i>	0,315 \pm 0,058	0,317 \pm 0,051	1,792 \pm 0,550	79,413 \pm 3,814	2,627 \pm 0,577
	<i>S. macrocarpa</i>	0,313 \pm 0,049	0,288 \pm 0,043	1,131 \pm 0,259	79,536 \pm 3,216	2,627 \pm 0,536
			0,371 \pm 0,075	0,357 \pm 0,076	1,424 \pm 0,465	75,749 \pm 4,896
		A	B	B	B	B

Tabela 4: Valores do coeficiente de correlação de Spearman (r_s) entre as medidas de características físicas externas e internas do lenho para cada grupo fenológico foliar de espécies arbóreas adultas do cerrado crescendo em condições naturais. Os valores em negrito na última linha representam a somatória de $|r_s|$ em cada grupo fenológico ($\Sigma |r_s|$). Al = altura; Cr = comprimento dos ramos; Db = densidade básica pelo método do máximo teor de umidade; Dv = densidade básica pelo método da medição do volume; Dr = densidade relativa dos ramos (massa seca/volume seco); Po = porosidade; Ce = capacidade de embebição.

Correlações	Decíduas	Semidecíduas	Sempreverdes
Al – Cr	-0,077	0,091	0,783
Al – Db	0,474	-0,072	-0,489
Al – Dr	-0,142	0,006	0,103
Al – Po	-0,474	0,076	0,486
Al – Ce	-0,474	0,081	0,487
Cr – Db	0,215	0,149	-0,359
Cr – Dr	0,241	-0,058	0,087
Cr – Po	-0,216	-0,148	0,357
Cr – Ce	-0,216	-0,146	0,357
Db – Dr	0,309	0,090	0,038
Dr – Po	-0,309	-0,090	-0,038
Dr – Ce	-0,309	-0,090	-0,037
$\Sigma r_s $	 3,46 	 1,10 	 3,41

Tabela 5: Teste Não Paramétrico Multivariado de Análises de Variâncias (NPMANOVA) utilizando a distância de Bray-Curtis realizado para as medidas lineares de altura da planta (Al) e comprimento do segmento de ramo (Cr), para as densidades básica (Db) e relativa (Dr) e para todas as características em conjunto (Al, Cr, Db e Dr) por meio do programa Past, versão 2.17 (Hammer *et al.*, 2001). Decíduas (DE), semidecíduas (SD), sempre verdes (SV). N = 50 para cada característica em cada grupo fenológico (10 valores para cada espécie, 5 espécies para cada grupo fenológico). Valores em negrito representam diferença significativa ($p < 0,5$) entre os grupos e ocorrência de variância homogênea com valores de F superiores ao F crítico para Al e Cr (7,134); Db e Dr (13,66); e para Al, Cr, Db e Dr (7,63).

	Medidas lineares		Densidades		Todos	
	Al e Cr		Db e Dr		Al, Cr, Db e Dr	
	F	P	F	P	F	P
DE e SV	9,12	0,0006	10,66	0,0007	9,53	0,0003
DE e SD	0,26	0,7807	27,00	0,0001	1,37	0,2370
SD e SV	9,81	0,0003	2,74	0,0762	9,87	0,0005

FIGURAS

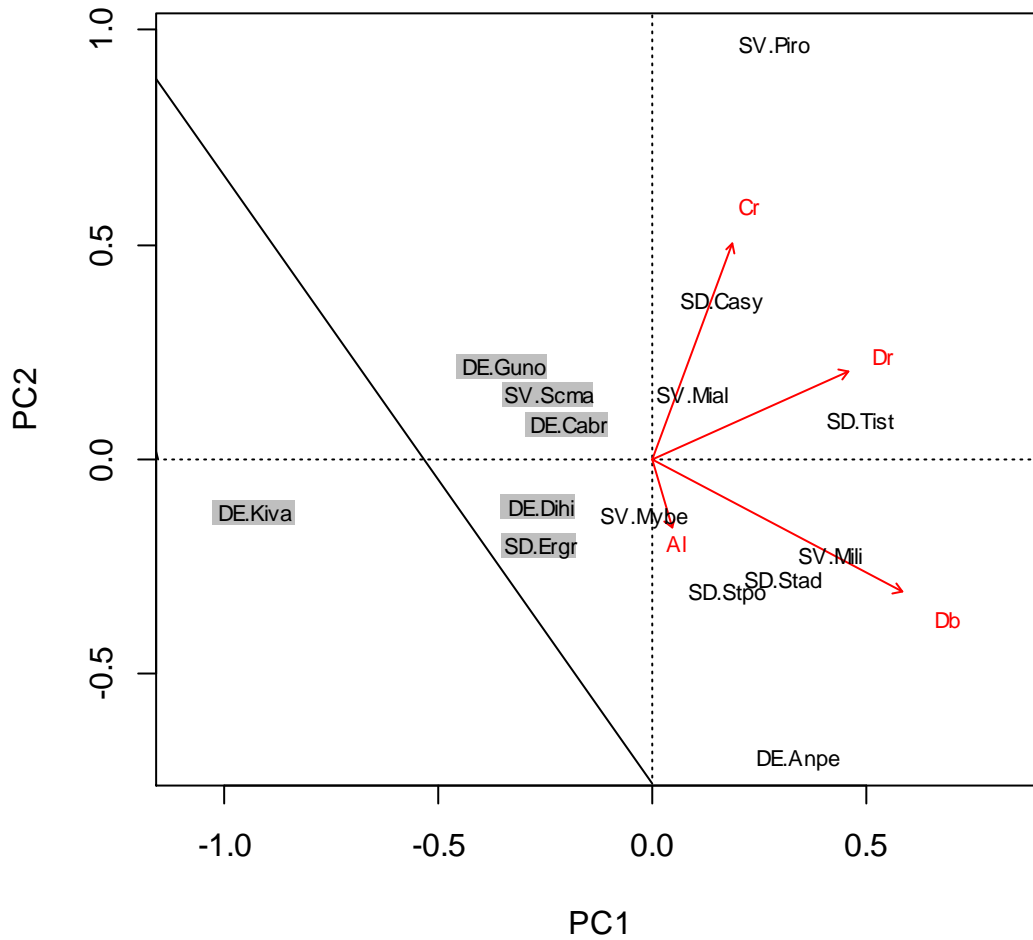


Fig. 1: Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) mostrando a distribuição das espécies em função das características: altura (Al), Cr comprimento dos ramos (Cr), densidade básica (Db) e densidade relativa (Dr). DE = decídua; SD = semidecídua e SV = sempreverde. As siglas referentes às espécies apresentam as duas primeiras letras do gênero seguidas das duas primeiras letras do epíteto específico (exemplo: Mial: *Miconia albicans*). Os eixos PC 1 e PC 2 explicam, respectivamente, 41e e 29% da variação total dos dados. Destacadas em cinza estão as espécies que formaram o Grupo 1 no teste de agrupamento.

CAPÍTULO II

Características físicas do lenho de ramos, caule e raízes de arbóreas do cerrado nos primeiros anos de vida.

Resumo

Grupos fenológicos foliares de arbóreas do cerrado são caracterizados não só pela permanência da área da folhagem, mas também pela formação de gemas, arquitetura da copa e fenologia reprodutiva. A permanência da folhagem e a arquitetura da copa indicam, respectivamente, um funcionamento e uma estrutura do lenho significativamente diferentes em cada grupo. A própria altura da planta, o comprimento dos ramos e as propriedades físicas internas do lenho devem também se apresentar significativamente diferentes entre os grupos fenológicos foliares. Por outro lado, essas características inter-relacionadas do lenho aéreo devem também se associar às características do lenho subterrâneo. A forte interdependência entre a porção aérea e subterrânea deve se estabelecer de maneira distinta em cada grupo fenológico desde os primeiros anos de vida. Por meio da determinação da altura da planta, do comprimento dos ramos, da profundidade das raízes e da densidade do lenho em órgãos aéreos e subterrâneos objetivamos essas diferenças significativas. De fato, ocorreram diferenças significativas entre decíduas, semidecíduas e sempreverdes arbóreas nas medidas lineares como a altura e o comprimento dos ramos, nas medidas de área como a secção transversal do tronco no colo da planta ou por meio das densidades de ramos, caule e raízes. Portanto, essas diferenças puderam ser observadas em características externas (altura e comprimento) e internas (porosidade e capacidade de embebição) do lenho. Nossos resultados demonstraram que grupos fenológicos foliares de arbóreas do cerrado apresentam diferenças significativas no funcionamento e na estrutura do lenho na porção aérea, intermediária (colo da planta) e na porção subterrânea desde os primeiros anos de vida. Assim, a aquisição do

espaço aéreo e subterrâneo bem como a conexão física (colo da planta) é particular em cada grupo fenológico. A deciduidade foliar é apenas uma das características que compõe uma síndrome que define o uso, o estoque e a aquisição de recursos em cada grupo funcional das espécies arbóreas do cerrado desde os primeiros anos de vida.

Palavras-chave: capacidade de embebição, decíduas, densidade, estiagem de inverno, grupos funcionais, porosidade, sempreverdes

INTRODUÇÃO

As principais funções do lenho são o suporte mecânico (Rowe e Speck, 2005), a condução em fluxo em massa da solução aquosa no xilema e floema (Sperry *et al.*, 2008) o armazenamento de água, carboidratos, nutrientes, lipídios e de compostos de defesa (Kolzlowski, 1992). É por meio do lenho que as árvores adquirem espaço aéreo para exposição de folhas, flores e frutos. No cerrado árvores decíduas e sempre verdes adquirem espaço aéreo de maneira distinta (Damascos *et al.*, 2005) resultando em diferentes arquiteturas de copa (Souza *et al.*, 2011). A deciduidade foliar está significativamente associada ao estoque e fluxo de água no lenho (Borchert, 1994; Braga, 2016). Características internas do lenho como a densidade, porosidade, e a capacidade de armazenamento de água são componentes importantes na definição das relações hídricas de arbóreas (Landsberg e Waring, 2016).

A densidade básica do lenho indica o investimento de carbono por unidade de volume (Bunker *et al.*, 2005; Chave *et al.*, 2009) e a porosidade a capacidade de embebição e de armazenamento de água no apoplasto (Usta, 2003). O armazenamento de água se relaciona de forma negativa com a densidade (Borchert, 1994) e positiva com a porosidade (Rollo, 2009) no lenho. A densidade do lenho varia em função da altura, da resistência à cavitação e idade da planta (Chave *et al.*, 2009; Enquist *et al.*, 1999). Portanto, essas características físicas internas do lenho estão inter-relacionadas e associadas com a fenologia foliar. A dinâmica de estoque e fluxo da água no caule e ramos depende da água capilar disponível no solo e da capacidade de absorção e estoque de água nas raízes. No caso do cerrado a disponibilidade de água no solo é significativamente alterada ao longo do ano somente no primeiro metro abaixo da superfície. Portanto, a profundidade e a capacidade de armazenamento de água das raízes das arbóreas no Cerrado podem condicionar de maneira significativa as relações hídricas da

copa, principalmente na estiagem de inverno. O porte ainda reduzido do lenho aéreo e subterrâneo em indivíduos juvenis deve condicionar relações hídricas significativamente diferentes em comparação com adultos bem estabelecidos.

O objetivo deste estudo foi determinar as características do lenho em indivíduos de arbóreas de cerrado na porção aérea e subterrânea nos primeiros anos de vida arbóreas do cerrado. Essas características puderam ser obtidas por meio de medidas lineares (altura da copa, comprimento de ramos e profundidade de raízes), de área como a secção transversal na altura do colo da planta e medidas que envolvem o volume como a densidade, a porosidade e capacidade de embebição do lenho. Foi possível testar se desde jovens os grupos fenológicos de espécies arbóreas do cerrado se diferenciam em grupos funcionais. Ou seja, se espécies arbóreas do cerrado em seu estágio inicial no ciclo de vida já formam grupos com características similares do lenho e se essas características estão inter-relacionadas de maneira distinta em cada grupo. Assim, essas espécies poderiam apresentar síndromes que as colocam dentro de um grupo funcional particular (Reiche *et al.*, 2003).

Esperamos que espécies decíduas (DE) apresentem raízes mais profundas comparadas às sempre verdes (SV) como foi detectado em adultos arbóreas do cerrado (Jackson *et al.*, 1999). Por outro lado, esperamos que as SV apresentem lenhos mais densos que DE ou mesmo semidecíduas (SD), pois necessitam de resistência adicional para elevar a coluna de água durante a estiagem de inverno em uma copa com praticamente toda a área da folhagem. Quanto à porosidade e capacidade de embebição do lenho, as decíduas provavelmente apresentam maiores valores. Essas espécies poderiam armazenar água em seus poros no apoplasto tanto na raiz como na porção aérea lenhosa ajudando na expansão inicial da folhagem no pico da seca (Damascos *et al.*, 2005) em uma copa livre de folhas sem poder algum de sucção.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no jardim experimental do Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos, localizado na cidade de São Carlos-SP (22°00'-22°30' S e 47°30'-48°00' W e altitude de 850 m acima do nível do mar). O clima da região é o Cwa (Köppen, 1948), com invernos secos e verões quentes e chuvosos (Urbanetz *et al.*, 2013). A estação seca ocorre entre abril e setembro seguida por uma estação úmida, entre outubro e março (Prado *et al.*, 2004; Damascos *et al.*, 2005).

O jardim experimental apresenta um solo arenoso onde crescia originalmente uma vegetação de cerrado. Utilizamos dois tipos de canteiros. Um dos canteiros apresentava 15,0 m de comprimento e 1,5 m de largura. Outros três canteiros menores tinham dimensões de 2,0 m de comprimento por 1,5 m de largura. Nos canteiros não havia impedimentos de profundidade para o crescimento das raízes e as laterais eram delimitadas por uma parede de tijolos até a profundidade de 30 cm abaixo do solo. No canteiro maior foram plantados indivíduos de seis espécies. O plantio das mudas foi realizado em grupos da mesma espécie com espaçamento aproximado de 0,5 m entre indivíduos. Nos três canteiros menores foi plantada uma espécie em cada canteiro com distância de 0,5 m entre indivíduos.

Espécies utilizadas

Utilizamos indivíduos arbóreos jovens de nove espécies (Tabela 1), pertencentes a cinco famílias botânicas, de acordo com o sistema de classificação proposto por *The Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016). A grafia dos nomes científicos e as abreviações dos autores foram verificadas, respectivamente, de acordo com a base de dados nomenclaturais *Tropicos* (Missouri Botanical Garden, 1995) e *The International Plant Name*

Index (IPNI, 2004). As espécies foram agrupadas de acordo com a deciduidade foliar em fase adulta por meio de revisão bibliográfica (Tabela 1) sendo três espécies em cada um dos grupos. Em cada grupo fenológico foliar estão representadas pelo menos duas famílias botânicas. Espécies decíduas (DE) perdem toda sua folhagem no período seco, permanecendo assim por cerca de 30 dias. A produção de novas folhas ocorre em forma de pulso, em um curto período de tempo, no final da estação seca (Paula, 2002; Damascos *et al.*, 2005). Semidecíduas (SD) perdem a maioria das suas folhas na estação seca (Lenza e Klink, 2006) variando o grau de deciduidade foliar em função da intensidade da estiagem. Sempreverdes (SV) mantêm praticamente a mesma área de folhagem durante o todo o ano e a produção de folhas é contínua (Paula, 2002; Lenza e Klink, 2006; Damascos *et al.*, 2005).

[Tabela 1]

As mudas utilizadas foram obtidas com três meses de idade no viveiro Camará, localizado na cidade de Ibaté- SP (21°57'17" S e 47°59'48" O, 839 m acima do nível do mar). Para cada espécie utilizamos cinco indivíduos totalizando quinze indivíduos por grupo fenológico foliar (Tabela 1). Os indivíduos apresentavam três anos de idade na época das medições e coletas dos lenhos aéreo e subterrâneo nos canteiros. As observações de deciduidade foliar das espécies crescidas no canteiro concordaram com a classificação fenológica foliar na literatura (Damascos *et al.*, 2005; Lenza e Klink, 2006, Borges e Prado, 2014).

Altura dos indivíduos, profundidade máxima e distribuição da raiz no perfil do solo

Mensuramos a altura total em centímetros (cm) em janeiro de 2015 de quarenta e cinco indivíduos das espécies arbóreas utilizadas (5 indivíduos por espécie) com auxílio de

uma fita métrica. A altura total foi definida como a medida linear vertical desde o nível do solo até a inserção da última folha da copa.

A retirada do sistema radicular de forma íntegra do solo foi realizada com o auxílio de um jato de água trabalhando em intensidade reduzida a fim de minimizar perdas de porções menores de raiz (raízes finas). Com a exposição das raízes no perfil do solo foi possível medir a profundidade máxima do sistema radicular em campo. Utilizando uma fita métrica obtivemos a distância vertical desde o nível da superfície do solo até o ápice da raiz mais profunda.

Uma trincheira interna e uma externa ao canteiro foram abertas, respectivamente, para dar acesso às raízes e vazão da água utilizada para exposição do sistema radicular no perfil do solo. Os indivíduos foram removidos um a um de forma íntegra para posterior coleta da secção transversal do tronco na altura do colo e de raízes distribuídas em diferentes de diâmetro. Foi possível separar as amostras de raízes em três categorias de profundidade: do nível do solo até 40 cm, de 41 a 80 cm, e abaixo de 81 cm. Assim verificamos como as características físicas do lenho das raízes se comportaram no perfil do solo.

Coleta de segmento de ramos, raízes e da secção transversal do caule na região do colo

De cada um dos cinco indivíduos de cada espécie amostrada marcamos cinco gemas na copa em outubro de 2014, início da estação chuvosa. Os ramos originados dessas gemas e suas ramificações posteriores foram coletados em janeiro de 2015, no pico da estação chuvosa. Portanto, a idade dos ramos coletados foi de três meses. Todos os ramos foram medidos da base até a inserção da última folha. As folhas foram todas removidas. Para os ramos que continham ramificações somamos a medida de todas as ramificações para obter o comprimento total do ramo (Cr).

As amostras de raízes foram coletadas de fevereiro a maio de 2015 após a remoção de cada indivíduo com o sistema radicular íntegro. De cada indivíduo coletamos cinco amostras de 10 cm de raiz em diferentes profundidades, medindo entre 2-14 mm de diâmetro.

No caule realizamos cortes transversais na região do colo da planta com auxílio de uma serra. Com a planta presa numa morsa o primeiro corte ocorreu ao nível do solo separando a parte aérea do sistema radicular. O segundo corte no caule distou 1,0 cm do corte anterior para a obtenção de uma secção transversal na altura do colo da planta.

Determinação da massa, da área, do volume e da capacidade de embebição das amostras

Logo após a coleta os ramos crescidos em 3 meses, os segmentos de 10 cm das raízes e as secções transversais do caule no colo da planta foram pesados em balança analítica digital (Mettler AE260 DeltaRange, Suíça).

Foi determinado o diâmetro maior e menor com e sem a casca da secção transversal do caule na altura do colo da planta. Assim foram obtidos os valores da área da casca e do lenho por meio da área da elipse resultante.

Após pesagem inicial e obtenção do comprimento dos ramos e da área da secção transversal do caule cada amostra foi embebida em proveta com água. A embebição foi acompanhada por meio de pesagens a cada 24 horas. Considerou-se atingida a massa constante em seu máximo teor de umidade quando a diferença de massa entre pesagens foi inferior a 1%. Em cada pesagem foi removida apenas a água superficial aderida. O volume de cada amostra foi determinado em seu máximo teor de umidade segundo Trugilho *et al.* 1990, resultando no volume verde. Imergimos a amostra em proveta graduada e transferimos a água deslocada para uma proveta com capacidade de 10 mL e graduada a cada 0,1 mL (erro de \pm 0,05 mL).

Para a determinação da massa seca as amostras permaneceram em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (Trugilho *et al.*, 1990; ABNT, 1997) e foram pesadas a cada 24 horas até atingirem massa com alteração inferior a 1% em relação à pesagem anterior. Cada amostra seca foi identificada e armazenada em sacos de papel.

Determinação da densidade, porosidade e capacidade de embebição do lenho

Realizamos procedimentos conforme descrito no Capítulo I para a determinação das características físicas internas do lenho. Obtivemos valores da densidade básica por meio de dois métodos: método do máximo teor de umidade (Db) e da medição direta do volume por meio de cilindro graduado (Dv). Também foram obtidos os valores da densidade relativa (Dr), porosidade (Po) e capacidade de embebição (Ce) para todas as amostras provenientes de ramo, caule e raiz conforme metodologia descrita no capítulo anterior (Capítulo I).

Determinação da área dos cortes transversais de colo

Utilizando as medidas dos diâmetros (maior e menor) de cada disco, calculamos a área total da secção transversal do caule na altura do colo da planta e área da casca correspondente considerando a área da amostra similar a área de uma elipse:

$$A_t = (D_t/2) \times (d_t/2) \times 3,1415$$

$$A_r = (D_c/2) \times (d_c/2) \times 3,1415$$

$$A_c = A_t - A_r$$

Em que A_t representa a área total da elipse, A_r a área do colo e A_c a área da casca. D_t é o diâmetro total maior e d_t o diâmetro total menor. D_c refere-se ao diâmetro maior do colo e d_c ao diâmetro menor do colo. Obtivemos a área da casca (A_c) por meio da diferença entre a área total (A_t) e a área do colo (A_r). Adotamos 3,1415 para o valor de π e os valores de área resultantes foram expressos em mm^2 .

Análise dos dados

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2015) do programa R (R Core Team, 2015). Para cada característica de cada grupo fenológico realizamos testes de Kolmogorov-Smirnov para verificar a distribuição dos dados. Para as características que apresentaram distribuição normal foi realizada análise de variância ANOVA seguida do teste de Tukey em para comparação múltipla dos grupos fenológicos foliares (DE, SD e SV).

Para os conjuntos de dados que não apresentaram distribuição normal, aplicamos a análise de variância não paramétrica Kruskal-Wallis. Todos os testes foram feitos com intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$).

Realizamos o teste Não Paramétrico Multivariado de Análises de Variâncias (NPMANOVA) separadamente para categorias de dados que utilizavam uma dimensão (medidas lineares, comprimento do ramo e da raiz), duas dimensões (medidas de área, área da secção transversal do caule no colo) e 3 dimensões (densidades do lenho). Esse teste foi aplicado comparando os grupos fenológicos foliares a fim de capturar diferenças significativas entre DE, SD e SV em cada categoria de dados. Adicionalmente utilizamos o teste de NPMANOVA utilizando todos os dados das categorias anteriores simultaneamente para comparar DE, SD e SV. Dessa forma pudemos verificar qual das categorias de dados ou se somente o conjunto de todos os dados poderia mostrar diferenças significativas entre os grupos de arbóreas do cerrado. Nesse teste NPMANOVA utilizamos a distância de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957) por meio do programa Past, versão 2.17 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

Para as medidas lineares (Tabela 2) as espécies decíduas apresentaram a maior altura (Al) seguidas das sempre verdes e das semidecíduas. Apenas as decíduas apresentaram diferença significativa em relação aos demais grupos fenológicos para Al. O mesmo ocorreu para as medidas de profundidade máxima das raízes (Pr) onde DE mostraram raízes mais profundas, seguidas de SV e SD. Apenas DE diferiram significativamente dos outros dois grupos para Pr (Tabela 2). Um mesmo indivíduo da espécie *Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* apresentou a maior altura encontrada (DE, 4,70 m) e também as raízes mais profundas (2,50 m). Por outro lado, o indivíduo com menor medida de Al foi um *Stryphnodendron adstringens* (SD, 0,49 m) e outro indivíduo da mesma espécie apresentou as raízes menos profundas (0,43 m). Para o comprimento dos ramos (Cr) as semidecíduas apresentaram o maior valor e significativamente diferente dos demais grupos (Tabela 2). As espécies que apresentaram o maior e o menor valor médio de Cr, respectivamente, foram *Xylopia aromatica* (SD, 181,0 cm) e *Tibouchina granulosa* (SV, 2,8 cm).

[Tabela 2]

Nas medidas de densidade as DE apresentaram ramos e raízes com maiores valores de Db e Dv (Tabelas 3 e 4). Por outro lado, as DE apresentaram o menor valor médio de Dr nos ramos (Tabela 3). Nas raízes os valores médios de Dr foram significativamente diferentes entre os três grupos com as DE apresentando um valor intermediário (Tabela 4). A porosidade e a capacidade de embebição do lenho de ramos e raízes apresentaram os menores valores médios nas espécies DE (Tabelas 3 e 4).

[Tabela 3]

[Tabela 4]

Separando as porções de raízes em categorias de acordo com a profundidade em relação ao nível do solo as DE e SV diferem significativamente para todas as características físicas do lenho até 40 cm de profundidade (Tabela 5). Até essa profundidade as SD diferem das DE para todas as características, menos para Dr. Até 40,0 cm de profundidade, SD e SV diferem somente em relação à Dv e Dr.

Na segunda categoria de profundidade (41-80 cm) não há diferenças entre DE e SV para nenhuma característica física do lenho. No entanto, há diferenças significativas entre SD e os demais grupos para todas as características, exceto para Dv. Na última categoria de profundidade (81 cm ou mais) não houve diferença significativa para nenhuma das características estudadas entre DE e SV. Para SD não havia raízes para amostragem nesse perfil do solo (Tabela 5).

[Tabela 5]

Houve diferença significativa entre DE e SD em relação à área do lenho (A_r) e a área da casca (A_c) em secção transversal na região do colo. Por outro lado, as SV mostraram-se semelhantes às DE e SD (Tabelas 6 e 7). Quanto às outras características físicas do lenho no colo as DE apresentaram valores médios maiores de D_b e menores de P_o e C_e em relação às SD e SV. Para Dv e Dr os três grupos fenológicos mostraram-se semelhantes (Tabela 6). Para as amostras de casca da região do colo não houve diferença significativa entre os grupos

fenológicos foliaes para os valores médios dos parâmetros físicos determinados, exceto para a área da casca entre DE e SD (Tabela 7).

[Tabela 7]

No entanto, para a razão lenho/casca as DE diferenciam-se das SD e SV para os valores médios de Db, Po e Ce (Tabela 8). Para a razão das áreas há diferença significativa entre SD e SV e para Dv entre DE e SV. Nos três grupos fenológicos o lenho apresentou valores maiores que a casca para as densidades determinadas (Db, Dv e Dr) sendo o inverso para Po e Ce (Tabela 8).

[Tabela 8]

Agrupando as características em 4 categorias (medidas lineares, de área, de densidade e todas em conjunto) foi possível diferenciar significativamente ($p < 0,05$) os três grupos fenológicos em cada uma dessas categorias por meio do teste não paramétrico multivariado de análises de variâncias (NPMANOVA) utilizando a distância de Bray-Curtis (Tabela 9).

[Tabela 9]

DISCUSSÃO

A relativa maior profundidade das raízes (Jackson et al, 1999) e a copa menos ramificada (Souza et al. 2011) na fase adulta ou nos primeiros anos de vida (Silva, 2016) provavelmente permite às DE uma continuidade hidráulica em uma altura maior da copa. De fato, a perda de carga hidráulica na copa ocorre principalmente nos ramos e não no caule (Landsberg e Waring, 2016). Ramos com comprimento menor (Tabela 1) também facilitariam nas DE o fluxo em massa em uma copa mais elevada.

Há uma mudança na configuração da matriz do lenho nos ramos das espécies DE na fase adulta apresentando ramos mais densos (Tabela 3) nos primeiros anos de vida e menos densos (Capítulo I, Tabela 3) que SD e SV quando adultas. Assim, as DE aumentam a porosidade e a capacidade de embebição no lenho dos ramos com o porte elevado na fase adulta. Nas SD e SV ocorre o oposto na fase adulta. Essas inversões relativas nos valores de densidade (D_b e D_v), P_o e C_e em DE, SD e SV indicam que o volume total da parte aérea é significativo para definir as características físicas do lenho nos ramos. Por exemplo, nas DE o porte maior na fase adulta pode ser capaz de armazenar água nos ramos e atender a demanda inicial da expansão sincrônica das folhas em gemas com folhas pré-formadas no pico da estação seca (Damascos et al. 2005). No entanto, ramos, caule e raízes (Tabelas 3, 6 e 4, respectivamente) mais densos e resistentes à cavitação e à embolia seriam mais importantes para a manutenção do sistema hidráulico aéreo nas DE nos primeiros anos de vida. Nessa fase inicial a menor altura da copa, menor número de ramos e menor área foliar total que na fase adulta permitiria menor capacidade de estocagem de água no lenho no contínuo raiz-caule-folha nas DE em relação às SD e SV (Tabelas 3, 6 e 4).

As espécies estudadas apresentam o sistema radicular distribuído principalmente no primeiro metro do perfil do solo (Silva 2016, Tabelas 2 e 5) onde ocorrem as maiores

variações da disponibilidade de água ao longo do ano no cerrado (Oliveira et al, 2005). Portanto, nos primeiros anos de vida os 3 grupos de espécies estudadas estão sujeitos de forma significativa à maior variação de potencial hídrico do solo ao longo do ano, principalmente as SD (Tabela 2). SD e SV apresentaram os maiores valores de Po e Ce nos ramos, no caule e na raiz em relação às DE. Assim, nessas espécies, a permanência da folhagem ao longo do ano está associada à maior capacidade de armazenamento de água no lenho no contínuo raiz-caule-folha nesses primeiros anos de vida.

Nossos resultados mostram estratégias de investimento opostas entre as espécies que perdem totalmente (DE) e as que mantêm ao menos parcialmente (SD e SV) a folhagem. DE apresentam maior altura e profundidade das raízes, menor comprimento de ramos e maior densidade do lenho no contínuo raiz-caule-ramo. Há intensa demanda hídrica para a expansão da folhagem sem poder de sucção na copa nas DE no pico da estação seca. Para essas espécies investir em raízes desde os primeiros anos de vida (Silva 2016 e Tabelas 2 e 5) até a fase adulta (Jackson *et al.*, 1999) garante acesso às camadas constantemente úmidas do solo e a expansão foliar sincrônica no pico da estiagem de inverno no cerrado.

Todas as outras características físicas da casca foram similares para os três grupos fenológicos estudados (Tabela 7) apesar das DE apresentarem maior área que as SD da secção transversal na altura do colo da planta. Em todas as espécies os valores de densidade e área em favor do lenho e de Po e de Ce em favor da casca mostrou características físicas distintas e esperadas dessas estruturas no caule devido às funções e posições relativas contrastantes. Apesar de serem controlados por meristemas diferentes a casca e o lenho estão relacionados por serem estruturas vegetativas anexas e de crescimento continuado conforme o aumento de diâmetro do caule. Por meio da relação (lenho/casca) entre as características físicas dessas estruturas foi possível capturar diferenças entre os grupos fenológicos (Tabela 8). As DE

apresentaram relações maiores de densidade (D_b e D_v) e menores de P_o e C_e que as SV (Tabela 8). Essas diferenças em conjunto com aquelas do lenho encontradas no contínuo raiz-caule-ramo indicam fortemente que DE obtêm, estocam e usam a água disponível de forma distinta das SV desde os primeiros anos do ciclo de vida. Ou seja, que a permanência da folhagem é apenas uma das características desses grupos fenológicos foliares. Nessa fase inicial do ciclo de vida SD e SV devem aproveitar prontamente mesmo as chuvas mais fracas que abastecem os primeiros centímetros da camada de solo por meio de suas raízes mais superficiais. Essas espécies podem estocar mais água nas suas raízes, no caule e nos ramos. Essa estratégia poderia atender parcialmente a demanda evaporativa da folhagem permanente por meio de um estoque de água, de um rígido controle estomático ou mesmo por meio de uma perda parcial da folhagem como é o caso das SD.

A maioria das características estudadas não foi capaz de diferenciar os três grupos fenológicos quando analisadas de forma isolada (Tabelas 3-8). No entanto, características do caule e raiz agrupadas com uma (medidas lineares de comprimento), duas (medidas de área) ou três (densidade) dimensões espaciais foram capazes de separar significativamente ($p < 0,0001$) os três grupos fenológicos foliares. Por meio desses resultados é possível afirmar que os grupos fenológicos foliares formam grupos funcionais desde os primeiros anos de vida. Esses grupos apresentam características distintas, inter-relacionadas e resultam em uma síndrome capaz de conferir habilidades distintas na aquisição, uso e estoque dos recursos do ambiente como água. Esses grupos também respondem ao estresse de forma diferenciada ao longo do ano como é o caso da permanência da folhagem. Ou seja, a permanência da folhagem é uma entre várias características desses grupos que os definem como grupos funcionais distintos de arbóreas do cerrado.

CONCLUSÕES

Desde seus primeiros anos de vida as espécies arbóreas pertencentes aos três grupos fenológicos foliares do cerrado (DE, SD e SV) apresentaram diferenças significativas quanto à estrutura física do lenho na porção aérea, subterrânea e na transição, ou seja, no colo da planta. Por meio dos atributos físicos do lenho foi possível caracterizar três grupos de espécies arbóreas do cerrado que coincidiram com grupos fenológicos foliares (DE, SD e SV). A deciduidade foliar nas arbóreas do cerrado é simplesmente mais uma característica relacionada com os atributos físicos do lenho e componente de uma síndrome definida por relações de interdependência desde os primeiros anos de vida. Essa síndrome resulta em competências diferentes na aquisição, uso e estoque de recursos provenientes do ambiente.

LITERATURA CITADA

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1997.** *NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira.* Rio de Janeiro. 107 p.
- APG IV – The Angiosperm Phylogeny Group. 2016.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* **181**: 1-20.
- Borchert R. 1994.** Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* **75**: 1437-1449.
- Borges MP, Prado CHBA. 2014.** Relationships between leaf deciduousness and flowering traits of woody species in the Brazilian neotropical savanna. *Flora* **209**: 73-80.
- Bray JR, Curtis JT. 1957.** An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, **27**: 325–349.
- Browning BL. 1967.** *Methods of wood chemistry.* New York, Interscience. 364 p.
- Bunker DE, DeClerck F, Bradford JC, Colwell RK, Perfecto I, Phillips OL, Sankaran M, Naeem S. 2005.** Species loss and aboveground carbon storage in a tropical forest. *Science* **310**: 1029-1031.
- Charravia G, Santos HP. 2012.** Plant Water Relations: Absorption, Transport and Control Mechanisms. In: Giuseppe Montanaro G, Dichio B (eds.) *Advances in selected plant physiology aspects.* InTech, Rijeka, Croatia. 105-132.
- Chave J, Coomes D, Jansen S, Lewis SL, Swenson NG, Zanne AE. 2009.** Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* **12**: 351-366.
- Damascos MA, Prado CHBA, Ronquim CC. 2005.** Bud composition, branching patterns and leaf phenology in cerrado woody species. *Annals of Botany* **96**: 1075-1084.

- Enquist BJ, West GB, Charnov EL, Brown JH. 1999.** Allometric scaling of production and life history variation in vascular plants. *Nature*. **401**: 907-911.
- Figueiredo PD. 2008.** Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão, Brasil. *Revista tropica-ciências agrárias e biológicas*. **2(2)**: 8-21.
- Foelkel CEB, Brasil MAM, Barrichelo LEG. 1971.** Método para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais* **2/3**: 65-74.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001.** PAST-Palaeontological Statistics, ver. 2.17. *Palaeontologia electronica*. 4, 1, 9. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>.
- IPNI. The International Plant Name Index. 2004.** *Search Authors*. Disponível em <<http://ipni.org/index.html>>. Acesso em dez. 2015.
- Kellog RM, Wangaard FF. 1969.** Variation in the cell-wall density of wood. *Wood and Fiber*. **1**: 180-204.
- Kolzlowski TT. 1992.** Carbohydrate sources and skins in woody plants. *The Botanical Review*. **58**: 107-122.
- Köppen W. 1948.** *Climatologia: Con un estudio de los climas de La tierra*. México: Fondo de Cultura Económica. 478p.
- Landsberg J, Waring R. 2016.** Water relations in tree physiology: where to from here? *Tree Physiology*. **00**: 1-15.

- Lenza E, Klink CA. 2006.** Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* **29**: 627-638.
- Missouri Botanical Garden. 1995.** *Tropicos – Nomenclatural database*. Disponível em <<http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx>>. Acesso em dez. 2015.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O’Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Steves MHH, Wagner H. 2015.** “vegan”: Community Ecology. *Package*. R package version 2.3-1. <<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>>.
- Oliveira RS, Bezerra L, Davidson EA, Pinto F, Klink CA, Nepstad DC, Moreira A. 2005.** Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. *Functional Ecology*. **19**: 574-581.
- Paula NF. 2002.** *Capacidade fotossintética, deciduidade e teor de nitrogênio e fósforo em espécies lenhosas do cerrado*. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Pirani FR, Sanchez M, Pedroni F. 2009.** Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. **23(4)**: 1096-1109.
- Prado CHBA, Wenhui Z, Rojas MHC, Souza GM. 2004.** Seasonal leaf gas Exchange and water potential in a woody cerrado species community. *Brazilian Society of Plant Physiology* **16**: 7-16.
- R Core Team. 2015.** *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <<https://www.R-project.org/>>.

- Rollo LCP. 2009.** *Tomografia de impulso para estimativa da densidade da madeira.*
Dissertação de mestrado. ESALQ – USP. Piracicaba.
- Rowe N, Speck T. 2005.** Plant growth forms: as ecological and evolutionary perspective.
New Physiologist. **166:** 61-72.
- Santos FRC. 2007.** Fenologia de espécies arbóreas do dossel e sub-dossel em um fragmento de Mata Atlântica semidecídua em Caratinga, Minas Gerais, Brasil. *Tese de Doutorado.* Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.
- Santos CHV, Fisch STV. 2013.** Fenologia de espécies arbóreas em região urbana, Taubaté, SP. *Revista Sociedade Brasileira de Arborização Urbana.* **8(3):** 01-17.
- Siau JF. 1971.** *Flow in Wood.* London: Syracuse University Press. 131p.
- Smith DM. 1954.** *Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples.* Madison: Forest Products Laboratory. Op. (Report 2014).
- Souza, J.P.; Prado, C.H.B.A.; Albino, A.L.S.; Damascos, M.A.; Souza,G.M. 2011.**
Network analysis of tree crowns distinguishes functional groups of cerrado species.
Plant Ecology **212:** 11–19.
- Sperry JS, Meinzer FC, McCulloh KA. 2008.** Safety and efficiency conflicts in hydraulic architecture: scaling from tissues to trees. *Plant Cell Environment.* **31:** 632-645.
- Trugilho PF, Silva DA, Frazão FJM, Matos JLM. 1990.** Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. *Acta Amazonica* **20:** 307-319.
- Urbanetz C, Shimizu GH, Lima MIS. 2013.** An Illustrated Angiosperm Flora of Cerrado and Riparian Forest, São Carlos, Brazil. *Check List.* **9(2):** 275-193.

Usta I. 2003. Comparative Study of Wood Density by Specific Amount of Void Volume (Porosity). *Turk J Agric For.* **27:** 1-6.

Valentini R, Scarascia Mugnozza GE, Ehleringer JR. 1992. Hydrogen and carbon isotope ratios in selected species of a Mediterranean macchia ecosystem. *Funct. Ecol.* **6:** 627-631.

TABELAS

Tabela 1: Espécies arbóreas de cerrado utilizadas crescendo em condições de campo seguidas de seus respectivos autores e famílias botânicas segundo sistema de classificação proposto por *The Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016). GF = grupo fenológico foliar. DE = decíduas, SD = semidecíduas, SV = sempreverdes.

GF	Espécies, autor(es)	Família	Referências
DE	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan var <i>colubrina</i>	Fabaceae – Mimosoideae	Santos (2007)
	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	Lythraceae	Borges e Prado (2014)
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Fabaceae – Faboideae	Santos (2007)
SD	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	Souza <i>et al.</i> , (2011); Borges e Prado (2014)
	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Fabaceae – Mimosoideae	Souza <i>et al.</i> , (2011); Borges e Prado (2014)
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	Pirani <i>et al.</i> (2009)
SV	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae – Caesalpinoideae	Pirani <i>et al.</i> (2009); Borges e Prado (2014)
	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Fabaceae – Faboideae	Figueiredo (2008); Pirani <i>et al.</i> (2009); Borges e Prado (2014)
	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	Santos e Fisch (2013)

Tabela 2: Valores médios \pm desvio padrão da altura (Al), comprimento do ramo (Cr) e profundidade máxima das raízes (Pr) obtidos em espécies lenhosas de cerrado com três anos de idade crescendo em condições de campo. Decíduas (DE), semidecíduas (SD), sempre verdes (SV). Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão em negrito indicam diferenças significativas entre os grupos fenológicos ($p < 0,05$) após teste de Tukey para Al e Pr e Kruskal-Wallis para Cr. N = 5 indivíduos por espécie para cada grupo fenológico para Al e Pr. N = 56 ramos em SV e SD e 75 em DE para Cr (5 indivíduos por espécie).

Grupo Fenológico	Espécies	Al (cm)	Cr (cm)	Pr (cm)
DE	<i>A. colubrina</i>	250,2 \pm 134,77	18,52 \pm 4,60	154,8 \pm 79,957
	<i>L. pacari</i>	262,8 \pm 035,25	17,65 \pm 12,78	149,6 \pm 38,965
	<i>P. elegans</i>	234,8 \pm 116,09	22,79 \pm 24,64	140,8 \pm 19,728
		249,3 \pm 097,65 A	19,65 \pm 18,00 B	148,4 \pm 49,065 A
SD	<i>C. sylvestris</i>	152,2 \pm 41,61	48,15 \pm 36,76	103,4 \pm 10,714
	<i>S. adstringens</i>	060,1 \pm 28,15	32,13 \pm 30,53	081,8 \pm 19,228
	<i>X. aromática</i>	099,3 \pm 09,95	46,54 \pm 30,62	098,2 \pm 19,267
		103,9 \pm 47,70 B	45,72 \pm 33,27 A	94,5 \pm 18,310 B
SV	<i>C. langsdorffii</i>	100,2 \pm 16,57	30,68 \pm 27,28	126,2 \pm 20,620
	<i>D. alata</i>	126,4 \pm 29,52	46,08 \pm 15,62	122,4 \pm 27,619
	<i>T. granulosa</i>	136,3 \pm 36,13	9,54 \pm 6,49	062,6 \pm 04,879
		121,0 \pm 30,81 B	22,89 \pm 23,073 B	103,7 \pm 35,429 B

Tabela 3: Valores médios \pm desvio padrão obtidos no lenho de ramos de espécies arbóreas de cerrado com três anos de idade crescendo em condições de campo. Densidade básica (Db), volumétrica (Dv); e relativa (Dr). Porosidade (Po). Capacidade de embebição (Ce). Grupo fenológico (GF), decíduas (DE), semidecíduas (SD) e sempreverdes (SV). N = 56 ramos para SV e SD e 75 para DE (5 indivíduos por espécie). Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos fenológicos após teste de Tukey para Dv e de Kruskal-Wallis para Db, Dr, Po e Ce.

GF	Espécies	Db (g cm ⁻³)	Dv (g cm ⁻³)	Dr (g cm ⁻³)	Po (%)	Ce (mL g ⁻¹)
DE	<i>A. colubrina</i>	0,475 \pm 0,038	0,420 \pm 0,037	1,095 \pm 0,161	68,965 \pm 2,477	1,469 \pm 0,166
	<i>L. pacari</i>	0,445 \pm 0,031	0,425 \pm 0,032	1,345 \pm 0,200	70,895 \pm 2,032	1,608 \pm 0,169
	<i>P. elegans</i>	0,362 \pm 0,035	0,316 \pm 0,077	1,118 \pm 0,481	76,324 \pm 2,304	2,142 \pm 0,316
		0,427 \pm 0,059 A	0,387 \pm 0,073 A	1,186 \pm 0,331 B	72,061 \pm 3,859 B	1,740 \pm 0,369 B
SD	<i>C. sylvestris</i>	0,406 \pm 0,044	0,396 \pm 0,063	1,374 \pm 0,367	73,446 \pm 2,905	1,794 \pm 0,232
	<i>S. adstringens</i>	0,304 \pm 0,055	0,292 \pm 0,063	1,276 \pm 0,240	80,147 \pm 3,562	2,728 \pm 0,557
	<i>X. aromática</i>	0,308 \pm 0,020	0,304 \pm 0,030	1,797 \pm 1,659	79,857 \pm 1,293	2,613 \pm 0,240
		0,352 \pm 0,061 B	0,344 \pm 0,068 B	1,552 \pm 1,147 A	77,026 \pm 4,012 A	2,260 \pm 0,506 A
SV	<i>C. langsdorffii</i>	0,424 \pm 0,032	0,403 \pm 0,044	1,332 \pm 0,292	72,307 \pm 2,113	1,724 \pm 0,174
	<i>D. alata</i>	0,367 \pm 0,011	0,354 \pm 0,018	1,346 \pm 0,142	76,017 \pm 0,709	2,080 \pm 0,083
	<i>T. granulosa</i>	0,306 \pm 0,026	0,307 \pm 0,036	1,735 \pm 0,629	80,023 \pm 1,712	2,649 \pm 0,278
		0,365 \pm 0,063 B	0,355 \pm 0,060 B	1,513 \pm 0,502 A	76,149 \pm 4,100 A	2,175 \pm 0,493 A

Tabela 4: Valores médios \pm desvio padrão obtidos em raízes apresentando 2-14 mm de diâmetro de espécies arbóreas de cerrado com três anos de idade crescendo em condições de campo. Densidade básica (Db), volumétrica (Dv) e relativa (Dr). Porosidade (Po). Capacidade de embebição (Ce). Grupo fenológico (GF), decíduas (DE), semidecíduas (SD) e sempreverdes (SV). N = 75 fragmentos de raízes para SV e DE e 74 para SD (cinco indivíduos por espécie). Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão em negrito indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos fenológicos foliares após teste de Tukey para Db, Dv e Po e de Kruskal-Wallis para Dr e Ce.

GF	Espécies	Db (g cm ⁻³)	Dv (g cm ⁻³)	Dr (g cm ⁻³)	Po (%)	Ce (mL g ⁻¹)
DE	<i>A. colubrina</i>	0,455 \pm 0,046	0,424 \pm 0,048	1,246 \pm 0,150	70,260 \pm 3,028	1,570 \pm 0,221
	<i>L. pacari</i>	0,544 \pm 0,059	0,497 \pm 0,059	1,214 \pm 0,096	64,433 \pm 3,866	1,209 \pm 0,207
	<i>P. elegans</i>	0,410 \pm 0,041	0,368 \pm 0,055	1,189 \pm 0,793	73,206 \pm 2,656	1,813 \pm 0,232
		0,470 \pm 0,074 A	0,430 \pm 0,076 A	1,216 \pm 0,463 B	69,300 \pm 4,861 B	1,530 \pm 0,331 B
SD	<i>C. sylvestris</i>	0,483 \pm 0,046	0,430 \pm 0,046	1,106 \pm 0,122	68,437 \pm 2,993	1,440 \pm 0,212
	<i>S. adstringens</i>	0,324 \pm 0,061	0,300 \pm 0,058	1,154 \pm 0,215	78,847 \pm 3,999	2,570 \pm 0,711
	<i>X. aromática</i>	0,412 \pm 0,048	0,463 \pm 0,050	2,777 \pm 1,102	73,103 \pm 3,160	1,807 \pm 0,234
		0,407 \pm 0,083 B	0,399 \pm 0,087 B	1,686 \pm 1,017 A	73,390 \pm 5,430 A	1,930 \pm 0,643 A
SV	<i>C. langsdorffii</i>	0,450 \pm 0,050	0,407 \pm 0,048	1,136 \pm 0,113	70,568 \pm 3,248	1,596 \pm 0,238
	<i>D. alata</i>	0,485 \pm 0,021	0,431 \pm 0,020	1,111 \pm 0,114	68,298 \pm 1,349	1,416 \pm 0,088
	<i>T. granulosa</i>	0,354 \pm 0,032	0,321 \pm 0,035	1,081 \pm 0,157	76,873 \pm 2,104	2,203 \pm 0,276
		0,430 \pm 0,066 B	0,387 \pm 0,059 B	1,109 \pm 0,130 C	71,913 \pm 4,334 A	1,738 \pm 0,401 A

Tabela 5: Valores médios \pm desvio padrão obtidos em raízes apresentando 2-14 mm de diâmetro distribuídas em três profundidades, 0-40, 41-80 e abaixo de 81 cm de profundidade de espécies arbóreas de cerrado com três anos de idade crescendo em condições de campo. Densidade básica (Db), volumétrica (Dv) e relativa (Dr). Porosidade (Po). FALTOU A CE. Grupo fenológico foliar (GF), decíduas (DE), semidecíduas (SD) e sempreverdes (SV). Valores entre parênteses referem-se à quantidade de amostras. * indica ausência de raízes na profundidade correspondente. Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos fenológicos de acordo com cada categoria de profundidade após teste de Tukey para Db, Dv e Po em todas as profundidades e Dr (41 a 80 cm) e teste de Kruskal-Wallis para Dr (0-40 cm).

GF	Espécies	Prof. (cm)	Db (g cm ⁻³)	Dv (g cm ⁻³)	Dr (g cm ⁻³)	Po (%)
DE	<i>A. colubrina</i>	0:40 (16)	0,457 \pm 0,044	0,436 \pm 0,043	1,321 \pm 0,064	70,106 \pm 2,875
		41:80 (04)	0,454 \pm 0,075	0,399 \pm 0,071	1,044 \pm 0,118	70,320 \pm 4,898
		81: + (05)	0,448 \pm 0,036	0,409 \pm 0,041	1,169 \pm 0,195	70,703 \pm 2,383
	<i>L. pacari</i>	0:40 (13)	0,578 \pm 0,053	0,530 \pm 0,053	1,239 \pm 0,075	62,236 \pm 3,486
		41:80 (11)	0,508 \pm 0,465	0,465 \pm 0,044	1,202 \pm 0,101	66,795 \pm 2,930
		81: + (01)	0,505 \pm 0,000	0,430 \pm 0,000	1,008 \pm 0,000	67,022 \pm 0,000
	<i>P. elegans</i>	0:40 (12)	0,419 \pm 0,044	0,392 \pm 0,063	1,437 \pm 1,105	72,611 \pm 2,870
		41:80 (11)	0,406 \pm 0,037	0,349 \pm 0,036	0,969 \pm 0,156	73,473 \pm 2,411
		81: + (02)	0,378 \pm 0,039	0,322 \pm 0,022	0,914 \pm 0,056	75,313 \pm 2,581
Médias	0:40 (41)	0,484 \pm 0,081 A	0,453 \pm 0,076 A	1,329 \pm 0,587 A	68,344 \pm 5,277 B	
	41:80 (26)	0,457 \pm 0,066 A	0,406 \pm 0,070 A	1,079 \pm 0,166 B	70,395 \pm 4,296 B	
	81: + (08)	0,438 \pm 0,052 A	0,390 \pm 0,053 A	1,085 \pm 0,191 A	71,395 \pm 3,414 A	
	Total	0,470 \pm 0,074	0,430 \pm 0,076	1,216 \pm 0,463	69,300 \pm 4,861	
SD	<i>C. sylvestris</i>	0:40 (20)	0,482 \pm 0,046	0,427 \pm 0,047	1,097 \pm 0,124	68,500 \pm 3,037
		41:80 (05)	0,487 \pm 0,048	0,438 \pm 0,047	1,142 \pm 0,115	68,187 \pm 3,136
		81: + (00)	*	*	*	*
	<i>S. adstringens</i>	0:40 (14)	0,346 \pm 0,039	0,315 \pm 0,037	1,112 \pm 0,223	77,387 \pm 2,565
		41:80 (10)	0,292 \pm 0,074	0,279 \pm 0,076	1,213 \pm 0,199	80,891 \pm 4,839
		81: + (00)	*	*	*	*
	<i>X. aromática</i>	0:40 (20)	0,417 \pm 0,051	0,466 \pm 0,051	2,890 \pm 1,197	72,723 \pm 3,344
		41:80 (05)	0,388 \pm 0,027	0,423 \pm 0,034	2,326 \pm 0,407	74,622 \pm 1,790
		81: + (00)	*	*	*	*
Médias	0:40 (54)	0,423 \pm 0,071 B	0,413 \pm 0,076 B	1,765 \pm 1,136 A	72,368 \pm 4,613 A	
	41:80 (20)	0,365 \pm 0,100 B	0,355 \pm 0,097 B	1,474 \pm 0,559 A	76,148 \pm 6,555 A	
	81: + (00)	*	*	*	*	
	Total	0,407 \pm 0,083	0,399 \pm 0,087	1,686 \pm 1,017	73,390 \pm 5,430	
SV	<i>C. langsdorffii</i>	0:40 (12)	0,456 \pm 0,065	0,420 \pm 0,065	1,188 \pm 0,125	70,170 \pm 4,269
		41:80 (12)	0,450 \pm 0,026	0,400 \pm 0,019	1,087 \pm 0,081	70,614 \pm 1,731
		81: + (01)	0,386 \pm 0,000	0,351 \pm 0,000	1,102 \pm 0,000	74,793 \pm 0,000
	<i>D. alata</i>	0:40 (15)	0,491 \pm 0,022	0,437 \pm 0,016	1,117 \pm 0,102	67,912 \pm 1,419
		41:80 (07)	0,480 \pm 0,017	0,429 \pm 0,023	1,122 \pm 0,125	68,612 \pm 1,124
		81: + (03)	0,467 \pm 0,009	0,408 \pm 0,020	1,061 \pm 0,174	69,496 \pm 0,595
	<i>T. granulosa</i>	0:40 (24)	0,354 \pm 0,033	0,320 \pm 0,035	1,071 \pm 0,153	76,882 \pm 2,148
		41:80 (01)	0,357 \pm 0,000	0,343 \pm 0,000	1,309 \pm 0,000	76,662 \pm 0,000
		81: + (00)	*	*	*	*
Médias	0:40 (51)	0,418 \pm 0,074 B	0,378 \pm 0,068 C	1,112 \pm 0,139 B	72,665 \pm 4,848 A	
	41:80 (20)	0,456 \pm 0,035 A	0,407 \pm 0,028 AB	1,111 \pm 0,106 B	70,216 \pm 2,317 B	
	81: + (04)	0,446 \pm 0,041 A	0,394 \pm 0,033 A	1,071 \pm 0,143 A	70,820 \pm 2,692 A	
	Total	0,430 \pm 0,066	0,387 \pm 0,059	1,109 \pm 0,130	71,913 \pm 4,334	

Tabela 6: Valores médios \pm desvio padrão da área e da densidade do lenho de segmentos retirados da região do colo de espécies arbóreas de cerrado com três anos de idade crescendo em condições de campo. Área do lenho (Ar), densidade básica (Db), volumétrica (Dv) e relativa, (Dr). Porosidade (Po). Capacidade de embebição (Ce). Grupo Fenológico (GF), decíduas (DE), semidecíduas (SD) e sempreverdes (SV). N = 5 segmentos por espécie, 1 segmento do caule por indivíduo. Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos fenológicos para a mesma característica após teste de Tukey para Ar, Db, Po e Ce e de Kruskal-Wallis para Dv e Dr.

GF	Espécies	Ar (cm ²)	Db (g cm ⁻³)	Dv (g cm ⁻³)	Dr (g cm ⁻³)	Po (%)	Ce (mL g ⁻¹)
DE	<i>A. colubrina</i>	965,48 \pm 952,43	0,727 \pm 0,017	0,701 \pm 0,034	1,427 \pm 0,121	52,468 \pm 1,116	0,724 \pm 0,033
	<i>L. pacari</i>	1363,99 \pm 647,81	0,675 \pm 0,017	0,615 \pm 0,038	1,260 \pm 0,125	55,881 \pm 1,140	0,831 \pm 0,038
	<i>P. elegans</i>	396,74 \pm 153,22	0,719 \pm 0,028	0,638 \pm 0,032	1,221 \pm 0,142	52,997 \pm 1,837	0,740 \pm 0,055
		908,74\pm744,70	0,707\pm0,031	0,652\pm0,050	1,303\pm0,152	53,775\pm2,028	0,765\pm0,063
		A	A	A	A	B	B
SD	<i>C. sylvestris</i>	385,47 \pm 112,39	0,662 \pm 0,087	0,585 \pm 0,099	1,254 \pm 0,299	56,752 \pm 5,664	0,879 \pm 0,182
	<i>S. adstringens</i>	78,34 \pm 51,47	0,485 \pm 0,065	0,462 \pm 0,036	1,684 \pm 1,046	68,307 \pm 4,224	1,443 \pm 0,290
	<i>X. aromática</i>	318,57 \pm 144,82	0,575 \pm 0,012	0,476 \pm 0,052	1,007 \pm 0,218	62,411 \pm 0,761	1,089 \pm 0,035
		260,80\pm170,27	0,574\pm0,095	0,508\pm0,085	1,315\pm0,660	62,490\pm6,186	1,137\pm0,303
		B	B	A	A	A	A
SV	<i>C. langsdorffii</i>	535,30 \pm 233,13	0,490 \pm 0,036	0,421 \pm 0,066	1,079 \pm 0,310	68,005 \pm 2,362	1,402 \pm 0,160
	<i>D. alata</i>	364,44 \pm 96,61	0,585 \pm 0,036	0,551 \pm 0,052	1,333 \pm 0,186	61,797 \pm 2,322	1,065 \pm 0,106
	<i>T. granulosa</i>	1324,82 \pm 1270,13	0,467 \pm 0,056	0,471 \pm 0,056	1,747 \pm 0,656	69,476 \pm 3,636	1,516 \pm 0,254
		741,52\pm816,46	0,514\pm0,066	0,481\pm0,077	1,386\pm0,491	66,426\pm4,333	1,328\pm0,261
		AB	B	A	A	A	A

Tabela 7: Valores médios \pm desvio padrão da área e da densidade da casca na secção transversal do caule na região do colo de espécies arbóreas do cerrado com três anos de idade crescendo em condições de campo. Área da casca (Ac); densidade básica (Db), volumétrica (Dv) e relativa (Dr). Porosidade (Po). Capacidade de embebição (Ce). Grupo Fenológico (GF), decíduas (DE), semidecíduas (SD) e sempreverdes (SV). N = 5 indivíduos para cada espécie. Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos fenológicos para a mesma característica após teste de Tukey para Ac, Db, Dv, Dr e Po e teste de Kruskal-Wallis para Ce.

GF	Espécies	Ac (cm ²)	Db (g cm ⁻³)	Dv (g cm ⁻³)	Dr (g cm ⁻³)	Po (%)	Ce (mL g ⁻¹)
DE	<i>A. colubrina</i>	272,71 \pm 176,94	0,394 \pm 0,007	0,395 \pm 0,043	1,894 \pm 1,171	74,226 \pm 0,440	1,888 \pm 0,043
	<i>L. pacari</i>	351,72 \pm 167,96	0,450 \pm 0,037	0,426 \pm 0,064	1,243 \pm 0,443	70,566 \pm 2,408	1,583 \pm 0,179
	<i>P. elegans</i>	282,70 \pm 137,60	0,184 \pm 0,032	0,182 \pm 0,041	1,466 \pm 0,619	88,003 \pm 2,096	4,926 \pm 0,845
		302,38\pm165,07 A	0,343\pm0,122 A	0,334\pm0,122 A	1,534\pm0,797 A	77,598\pm7,960 A	2,799\pm1,629 A
SD	<i>C. sylvestris</i>	154,92 \pm 59,87	0,313 \pm 0,030	0,301 \pm 0,053	1,825 \pm 1,344	79,571 \pm 1,961	2,578 \pm 0,322
	<i>S. adstringens</i>	49,42 \pm 31,99	0,336 \pm 0,066	0,295 \pm 0,052	0,993 \pm 0,251	78,041 \pm 4,344	2,439 \pm 0,702
	<i>X. aromática</i>	128,74 \pm 71,05	0,386 \pm 0,050	0,312 \pm 0,079	1,663 \pm 2,267	74,751 \pm 3,293	1,976 \pm 0,347
		111,03\pm70,10 B	0,345\pm0,057 A	0,303\pm0,059 A	1,493\pm1,463 A	77,454\pm3,731 A	2,331\pm0,525 A
SV	<i>C. langsdorffii</i>	148,54 \pm 47,10	0,410 \pm 0,026	0,425 \pm 0,043	1,800 \pm 0,337	73,220 \pm 1,678	1,799 \pm 0,144
	<i>D. alata</i>	184,71 \pm 63,02	0,342 \pm 0,040	0,333 \pm 0,045	1,383 \pm 0,186	77,644 \pm 2,630	2,308 \pm 0,334
	<i>T. granulosa</i>	244,29 \pm 230,02	0,312 \pm 0,034	0,293 \pm 0,052	1,199 \pm 0,585	79,619 \pm 2,226	2,591 \pm 0,352
		192,51\pm136,21 AB	0,355\pm0,053 A	0,350\pm0,072 A	1,461\pm0,456 A	76,827\pm3,445 A	2,233\pm0,434 A

Tabela 8: Valores médios \pm desvio padrão para a razão lenho/casca obtidos em secções transversais do caule na região do colo em espécies arbóreas de cerrado com três anos de idade crescendo em condições de campo. Grupo Fenológico (GF), decíduas (DE), semidecíduas (SD) e sempreverdes (SV). Área, densidade básica (Db), volumétrica (Dv); e relativa (Dr). Porosidade (Po). Capacidade de embebição (Ce). N=5 indivíduos para cada espécie. Letras diferentes após os valores das médias \pm desvio padrão indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos fenológicos para a mesma característica após teste de Tukey para área, Db, Dv, Po e Ce e teste de Kruskal-Wallis para Dr.

GF	Espécies	Área	Db	Dv	Dr	Po	Ce
DE	<i>A. colubrina</i>	3,515 \pm 1,364	1,844 \pm 0,019	1,797 \pm 0,248	0,960 \pm 0,438	0,707 \pm 0,011	0,383 \pm 0,010
	<i>L. pacari</i>	3,872 \pm 0,254	1,505 \pm 0,098	1,475 \pm 0,259	1,141 \pm 0,456	0,792 \pm 0,018	0,529 \pm 0,046
	<i>P. elegans</i>	1,512 \pm 0,610	3,997 \pm 0,577	3,633 \pm 0,721	0,932 \pm 0,333	0,602 \pm 0,020	0,154 \pm 0,028
		2,966\pm1,347	2,449\pm1,184	2,302\pm1,074	1,011\pm0,394	0,700\pm0,082	0,355\pm0,162
		AB	A	A	A	B	B
SD	<i>C. sylvestris</i>	2,673 \pm 0,683	2,121 \pm 0,230	1,984 \pm 0,419	1,091 \pm 0,900	0,713 \pm 0,064	0,341 \pm 0,059
	<i>S. adstringens</i>	1,581 \pm 0,062	1,470 \pm 0,205	1,612 \pm 0,328	1,808 \pm 1,172	0,876 \pm 0,042	0,609 \pm 0,120
	<i>X. aromática</i>	2,629 \pm 0,776	1,510 \pm 0,208	1,584 \pm 0,305	0,368 \pm 0,802	0,836 \pm 0,041	0,565 \pm 0,104
		2,294\pm0,761	1,700\pm0,367	1,727\pm0,378	1,423\pm0,949	0,808\pm0,085	0,505\pm0,152
		B	B	AB	A	A	A
SV	<i>C. langsdorffii</i>	3,492 \pm 0,553	1,196 \pm 0,084	1,009 \pm 0,232	0,635 \pm 0,261	0,929 \pm 0,028	0,781 \pm 0,078
	<i>D. alata</i>	2,049 \pm 0,424	1,735 \pm 0,285	1,681 \pm 0,299	0,967 \pm 0,090	0,797 \pm 0,055	0,475 \pm 0,116
	<i>T. granulosa</i>	5,989 \pm 2,542	1,512 \pm 0,240	1,686 \pm 0,586	2,008 \pm 1,495	0,873 \pm 0,052	0,594 \pm 0,131
		3,843\pm2,196^a	1,481\pm0,307	1,459\pm0,498	1,203\pm1,014	0,866\pm0,071	0,617\pm0,166
		B	B	B	A	A	A

Tabela 9: Teste não paramétrico multivariado de análise de variâncias (NPMANOVA) em 4 categorias de medidas utilizando os grupos fenológicos foliares de arbóreas e comparados por meio da distância de Bray-Curtis. Decíduas (DE) semidecíduas (SD) e sempre verdes (SV). Medidas lineares: altura total de planta (Al), comprimento dos segmentos de ramos (Cr) e profundidade total da raiz (Pr). Medidas de área: lenho (Al) e casca (Ac) na secção transversal do tronco na região do colo. Medidas de densidades básica (Db) e relativa (Dr) nos ramos (Db_r e Dr_r), raízes (Db_z e Dr_z), no lenho (Db_l e Dr_l) e na casca (Db_c e Dr_c). Valores em negrito representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos e ocorrência de variância homogênea; valores de F superiores ao F crítico: medidas lineares 65,56, densidades 16,04, área 31,4 e para todas as características juntas 38,89.

	Medidas lineares		Medidas planas		Densidades		Todas as características juntas	
	Al, Cr e Pr		Ar e Ac		$Db_r, Db_z, Db_{co}, Db_{ca},$ $Dr_r, Dr_z, Dr_{co}, Dr_{ca}$			
	F	P	F	P	F	P	F	P
DE e SV	71,85	0,0001	9,63	0,0001	15,61	0,0001	15,11	0,0001
DE e SD	104,5	0,0001	48,12	0,0001	15,08	0,0001	65,68	0,0001
SD e SV	13,15	0,0001	33,42	0,0001	17,12	0,0001	34,56	0,0001

CONCLUSÕES DA DISSERTAÇÃO

Espécies lenhosas de cerrado adultas ou em seus anos iniciais de vida apresentam diferentes estratégias adaptativas quanto à aquisição, armazenamento e uso de recursos provenientes do ambiente. Os grupos fenológicos foliares podem ser descritos não apenas por diferenças na manutenção da folhagem, mas também por distintas características físicas internas e externas do lenho na parte aérea e subterrânea. Essas características se inter-relacionam resultando em síndromes que conferem competências específicas resultando em estratégias adaptativas em cada grupo. Essas estratégias definem a captura, o uso e o estoque de recursos provenientes do ambiente distinguindo assim os grupos funcionais de espécies arbóreas de cerrado. As características inter-relacionadas dos primeiros anos de vida não necessariamente são mantidas na fase adulta em plantas bem estabelecidas em condições naturais, mas em qualquer uma dessas fases é possível distinguir os grupos funcionais de arbóreas por meio de suas características físicas do lenho, das inter-relações dessas características e das competências resultantes para o uso de recursos.