

Câmpus  
Ipameri



Universidade  
Estadual de Goiás



**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**TRAÇOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE CERRADO  
SENSU STRICTO E SUA IMPORTÂNCIA PARA A MANUTENÇÃO DE  
COMUNIDADES NATIVAS**

**JOÃO PAULO COSTA**

**MESTRADO**

**Ipameri-GO  
2019**

JOÃO PAULO COSTA

**TRAÇOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE  
CERRADO SENSU STRICTO E SUA IMPORTÂNCIA PARA A  
MANUTENÇÃO DE COMUNIDADES NATIVAS**

Orientador: Prof. Dr. Vagner Santiago do Vale

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri – GO  
2019



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "TRAÇOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE CERRADO  
SENSO STRICTO E SUA IMPORTÂNCIA PARA A MANUTENÇÃO DE  
COMUNIDADES NATIVAS"**

**AUTOR(A):** João Paulo Costa

**ORIENTADOR(A):** Vagner Santiago do Vale

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM  
PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Prof. Dr. VAGNER SANTIAGO DO VALE  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Prof. Dr. JAMIR AFONSO DO PRADO JÚNIOR  
Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Biologia/Câmpus Umuarama-MG

Prof. Dr. MÁRCIO DA SILVA ARAÚJO  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 28 de fevereiro de 2019



Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CC837t Costa, João Paulo  
Traços funcionais de espécies arbóreas de Cerrado Sensu Stricto e  
sua importância para a manutenção de comunidades nativas / João  
Paulo Costa; orientador Vagner Santiago Vale. -- Ipameri, 2019.  
39 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado  
Acadêmico em Produção Vegetal) -- Câmpus-Ipameri, Universidade  
Estadual de Goiás, 2019.

1. Resiliência. 2. Grupos funcionais. 3. Fogo. 4. Sazonalidade. I.  
Vale, Vagner Santiago, orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Edina Sandra de Oliveira Costa e Jânio Costa e ao meu irmão, Gabriel Matheus Costa, se não fosse pelo apoio incondicional de vocês, eu nunca teria chegado onde eu cheguei.

Ao Prof. Vagner Santiago do Vale, pela orientação, pelas ideias, pela amizade, pelo suporte, por ser um espelho de profissional e pessoa e por todo o apoio nessa jornada que começou muito antes do mestrado, pra mim é um orgulho muito grande ter você como orientador.

A minha namorada, companheira, cúmplice, Isabela Carolina Silva, obrigado por estar comigo em tantos momentos bons e ruins, por ter enxugado minhas lágrimas tantas vezes e não ter me deixado desistir.

A minha eterna parceira de campo, Amanda Wolberg, já perdi a conta de quantas árvores a gente já mediu na vida, quantos apertos passamos em campo, sem tua ajuda esse trabalho não teria saído de jeito nenhum.

A FUCAMP, em especial a Prof. Kelma Gomes Mendonça Ghelli, por ter aberto as portas da instituição para que eu pudesse conduzir meu trabalho e por terem me dado toda a base necessária para que eu conseguisse chegar onde estou agora.

Ao Prof. Olavo Custódio Dias Neto, pelo auxílio desde a época da graduação e por ter feito todo o intermédio para a parceria com a FUCAMP.

Ao Prof. Jamir Afonso do Prado Júnior, por ter aceitado o convite de compor minha banca de defesa e por todo ensinamento repassado, aprendi muito mais nos campos que estive contigo e toda e a equipe do que em qualquer outro lugar.

Ao Prof. Márcio da Silva Araújo, por ter aceitado o convite de compor minha banca de defesa e por todos os comentários pertinentes ao trabalho.

A Denise, técnica de laboratório da FUCAMP, por sempre estar à disposição para ajudar e deixar tudo pronto para conduzir o trabalho.

Ao LIFE (Laboratório de Inventário Florestal e Ecologia) e principalmente as pessoas que o compõem, em especial aos amigos, Lilian e Jovan, pelas discussões, troca de ideias e conversas no laboratório.

Ao corpo docente e funcionários do PPGPV, por serem estarem dispostos a ajudar quem os procura.

A UEG, pela bolsa concedida.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse realizado, meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	IV
ABSTRACT .....	V
1. INTRODUÇÃO .....	1
2.OBJETIVOS .....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
3.1 ÁREAS DE ESTUDO .....	4
3.2 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES E PADRÃO DOS INDIVÍDUOS .....	5
3.3 COLETA DOS DADOS EM CAMPO .....	6
3.4 TRAÇOS FUNCIONAIS FOLIARES E DE ARQUITETURA .....	6
3.5 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS .....	7
4. RESULTADOS .....	9
4.1 TESTES DE NORMALIDADE, ANOVA E TESTE DE SCOTT-KNOTT PARA TRAÇOS FOLIARES.....	9
4.2 TESTES DE NORMALIDADE, ANOVA E TESTE DE SCOTT-KNOTT PARA TRAÇOS DE ARQUITETURA.....	12
4.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E DENDROGRAMA DE SIMILARIDADE.....	15
5. DISCUSSÃO .....	18
6. CONCLUSÕES .....	22
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
8. ANEXOS .....	27

## RESUMO

Traços funcionais são características morfo-fisiológicas das espécies capazes de influenciar significativamente os processos ecológicos em seu ambiente natural e podem ser utilizadas para formar grupos funcionais. Grupos funcionais são espécies com semelhantes características e funções nas comunidades. O objetivo inicial do estudo foi descrever os traços funcionais de espécies arbóreas de cerrado *sensu stricto* e buscamos responder se 1) é possível agrupar as espécies em grupos funcionais, 2) quais traços mais variam e quais que melhor explicaram a sobrevivência/manutenção das espécies em suas comunidades e 3) os grupos encontrados para cerrado *sensu stricto* apresentaram semelhanças com grupos funcionais florestais. Foram avaliados os traços funcionais foliares (Área foliar, Área foliar específica, massa seca, quantidade de água na folha e percentual de água na folha) e de arquitetura (Altura total, diâmetro, altura da 1ª ramificação, área de volume de copa, súber, biomassa e densidade da madeira) de 33 espécies arbóreas de cerrado *sensu stricto* com circunferência maior ou igual a 15 cm a 0,30 m de altura. Realizou-se a análise de variância entre os traços e teste de Scott-Knott, posteriormente foi executada uma análise de componentes principais e foi calculado um dendrograma de similaridade utilizando os traços normalizados das espécies pelo método de agrupamento de Ward. As análises foram capazes de formar 4 grupos funcionais distintos para cerrado *sensu stricto*. O grupo 1, apresentou uma maior densidade da madeira, massa seca e área foliar e altos valores de volume e biomassa. A maioria das espécies possuem folhas com baixa área foliar específica e alta área foliar e massa seca. O grupo 2 apresentou espécies de pequeno porte, com baixo volume de copa e biomassa, entretanto foi o grupo com maior área foliar específica e percentual de água na folha. O grupo 3 foi formado por espécies com o menor aporte de biomassa e volume de copa do estudo, e também apresentou valores baixos para densidade de madeira, área foliar e massa seca, sendo espécies tipicamente de pequeno porte. O grupo 4 apresentou os maiores valores de volume de copa, biomassa e súber do estudo, configurando o grupo de espécies com o maior porte do estudo, porém, apresentou baixos valores de área foliar específica e percentual de água na folha. O estudo mostrou ser possível delimitar espécies de cerrado *sensu stricto* em 4 diferentes grupos funcionais, sendo que os traços que melhor explicaram a presença destas espécies no cerrado *sensu stricto*, foram área foliar específica, área foliar, massa seca, percentual de água na folha, súber, volume da copa, biomassa e densidade da madeira.

**Palavras-chave:** Resiliência; grupos funcionais; fogo; sazonalidade.

## ABSTRACT

Functional traits are morphofisiological characteristics of each species capable of significantly influence the ecological processes in their natural environment and can be used to form functional groups. Functional groups are species with similar traits and functions on communities. This study aimed to describe the functional traits of tree species of cerrado *sensu stricto* and we tried to answer if 1) is possible to group the species into functional groups, 2) which traits varied more and which best explained the survival of these species and 3) the groups found for cerrado *sensu stricto* are similar with forest functional groups. Leaf function, specific leaf area, dry mass, leaf water quantity and leaf water percentage) and architecture (total height, diameter, height of the 1st branch, crown volume area, biomass and wood density) of 33 tree species of cerrado *sensu stricto* with a circumference greater than or equal to 15 cm at 0,30 m height were measured. The analysis of variance between the traits and the Scott-Knott test was performed, a principal components analysis was performed a dendrogram of similarity with the normalized data of each trait was calculated by Ward's and UPGMA grouping method. Group 1 had the highest density of wood, dry mass and leaf area, with high values of volume and biomass. The most species of G1 had compound leaves with low specific leaf area and the highest leaf area and mass dry. Group 2 were formed by small species, with low crown volume and biomass, however with the highest specific leaf area and leaf percentage of water. The group 3 was formed by species with the lowest biomass and canopy volume, and also presented low values of wood density, foliar area and dry mass. The group 4 had the highest values of canopy volume, biomass and bark, constituting the group of species with the largest size, however, presented low values of specific leaf area and leaf percentage of water. We demonstrate that it is possible to delimit species of cerrado *sensu stricto* in, at least, 4 different functional groups, and the traits that best explained the presence of these were specific leaf area, leaf area, dry mass, leaf water percentage, topography, crown volume, biomass and wood density.

**Key-words:** Resilience; functional groups; fire; seasonality.



## 1. INTRODUÇÃO

A maioria das medidas de diversidade que avaliam as comunidades resumem as informações sobre tal, levando em conta apenas dados de abundância das espécies, não levando em conta as diferenças entre tais espécies (RICOTTA; AVENA; CHIARUCCI, 2005). Por exemplo, se algum evento ambiental promove uma sucessão ecológica onde ocorre a reposição de uma comunidade onde existiam N espécies de diferentes gêneros por uma comunidade com o mesmo N de espécies, porém do mesmo gênero, as medidas tradicionais não detectariam essa mudança. Outro problema com o uso dessas medidas, é que se levando em conta apenas dados de abundância, se ignora qualquer outra diferença entre as espécies, como altura, diâmetro, biomassa e com isso se perdem informações valiosas sobre a comunidade, pois se assume que todas espécies são equivalentes, não importando se alguma ou outra possui uma contribuição maior para a manutenção dos processos ecológicos (CIANCIARUSO; SILVA; BATALHA, 2009).

Para que possamos compreender melhor como as espécies atuam na paisagem, existem estudos que utilizam traços funcionais, que são componentes dos fenótipos dos organismos capazes de influenciar os processos ecológicos em uma comunidade (CIANCIARUSO; SILVA; BATALHA, 2009). Traços funcionais (TFs) são características capazes de influenciar significativamente o estabelecimento, sobrevivência ou fitness de uma espécie em seu ambiente natural (REICH et al., 2014). Devido a heterogeneidade espacial do ambiente, espécies que exploram os recursos naturais de maneiras diferentes tem seu estabelecimento em locais onde for melhor competidora (WRIGHT, 2010). Partindo-se deste pressuposto, pode-se afirmar que a distribuição dos organismos vegetais não é randômica, e, portanto, existe um vínculo entre as diferenças funcionais das plantas e sua distribuição em habitats contrastantes (DUARTE, 2007). Esta teoria baseia-se na diferenciação das espécies independentemente de classificações taxonômicas, mas de acordo com a variabilidade dos TFs de cada espécie (VIOLLE; JIANG, 2009).

Trabalhos com TFs em Cerrado ainda são escassos e a maioria dos estudos são focados em florestas tropicais úmidas (POORTER; BONGERS, 2006; CHAZDON et al., 2010) e, mais recentemente, para florestas estacionais semidecíduais (VALE et al., 2010; VALE et al., 2013; PRADO-JÚNIOR et al 2017; PRADO-JÚNIOR et al 2016, SOBOLESKI et al., 2017).

No cerrado *sensu stricto* (ss), podemos avaliar uma série de TFs, que podem estar relacionados com a capacidade da espécie em resistir, escapar ou tolerar secas prolongadas

(PILON; UDULUTSCH; DURIGAN, 2015), eventos de queima (KLINK e MACHADO, 2005), solos com alta concentração de alumínio (HARIDASAN, 2008) que são condições comuns nesta formação vegetal.

Grupos funcionais podem ser definidos como uma maneira de agrupar as espécies que apresentem semelhanças na utilização dos recursos naturais, logo com semelhantes traços funcionais (MÜLLER et al., 2007; CIANCIARUSO; SILVA; BATALHA, 2009) e auxiliam no entendimento de uma comunidade complexa, simplificando-a. Entretanto, estudos com grupos funcionais, utilizam geralmente TFs qualitativos, como síndrome de dispersão, síndrome de polinização, deciduidade, forma de vida, entre outros para formar os grupos (RIOS; SOUSA-SILVA, 2017; MISSIO et al., 2017; VALE et al., 2013). Entretanto, em nosso trabalho, utilizamos apenas TFs quantitativos, foliares e de arquitetura, para tentar compreender os processos que ocorrem no ambiente, pois cada traço tem um papel diferente para a planta. Área foliar específica (AFEsp) está relacionada com a eficiência fotossintética do indivíduo e acumulação de biomassa (REICH; ELLSWORTH; WALTERS, 1998), o súber se relaciona com a capacidade da planta em resistir a eventos de queima (KLINK; MACHADO, 2005), a área foliar está geralmente relacionada a captação de luz solar (GÁLVEZ; PEARCY, 2003), por essa razão, o autor deve escolher os traços que melhor respondam as variações ambientais na qual as espécies estudadas estão inseridas.

## 2.OBJETIVOS

O objetivo inicial deste estudo foi a descrição dos traços funcionais das espécies arbóreas de cerrado *sensu stricto* (*ss*) com a ideia de formação de um banco de dados sobre de traços funcionais para o bioma Cerrado.

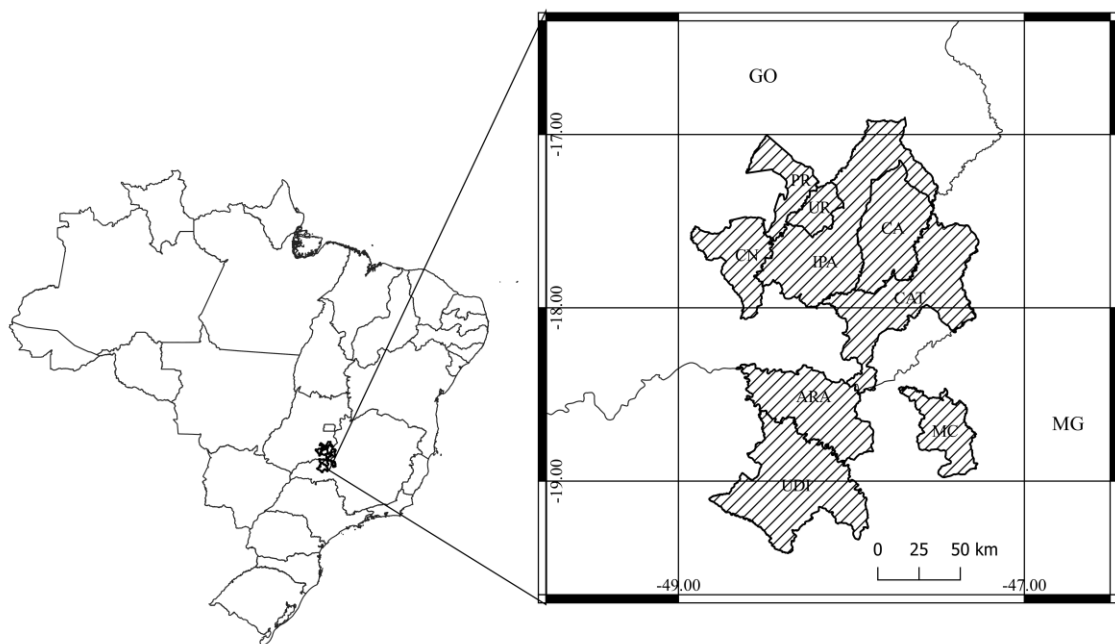
Buscamos responder as seguintes perguntas: 1) É possível a delimitação das espécies em grupos funcionais? 2) Quais traços funcionais apresentam as maiores variações na paisagem e melhor explicar a sobrevivência e manutenção das espécies de cerrados *sensu stricto*? 3) Os grupos funcionais existentes em cerrado *ss* apresentam semelhanças em relação a grupos funcionais florestais e quais são as principais diferenças?

Uma vez respondendo às perguntas, o objetivo geral deste estudo foi verificar quais funções ecológicas são desempenhadas pelos grupos funcionais e nortear futuros estudos comparativos entre diferentes fitofisionomias.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Áreas de estudo

A coleta dos dados em campo ocorreu em nove municípios dos estados de Minas Gerais e Goiás (Figura 01). Dentre os municípios goianos, se encontram: Caldas Novas, Catalão, Ipameri, Pires do Rio, Campo Alegre de Goiás e Urutaí e dentre os municípios mineiros, se encontram: Uberlândia, Araguari e Monte Carmelo. Todos os municípios trabalhados se encontram no domínio fitogeográfico do Cerrado e todas as coletas foram conduzidas no cerrado *sensu stricto* (*ss*). O clima na área de coleta se caracteriza por possuir uma estação seca de abril a setembro e uma estação chuvosa de outubro a março, com uma precipitação anual média de 1516 mm, temperatura média anual de 19,4°C, temperatura máxima média de 29,1°C e mínima média de 17,6°C, de acordo com a média dos dados das normais climatológicas disponibilizadas no endereço eletrônico do INMET (Instituto Nacional Meteorológico) (1981-2010) de 3 estações meteorológicas localizados dentro da área de estudo.



**Figura 01.** Localização geográfica dos municípios onde ocorreram as coletas de campo do presente estudo. Caldas Novas (CN), Catalão (CAT), Ipameri (IPA), Pires do Rio (PR), Campo Alegre de Goiás (CA), Urutaí (UR), Uberlândia (UDI), Araguari (ARA) e Monte Carmelo (MC).

### 3.2 Seleção das espécies e padrão dos indivíduos

Foram coletados os traços funcionais de 32 espécies arbóreas de cerrado *ss* (Tabela 1), onde cada uma teve um N amostral de 7 a 10 indivíduos. Foram adotados os critérios de seleção de indivíduos e mensuração dos traços funcionais propostos em “*New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide*” (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Para a mensuração dos traços funcionais, o indivíduo avaliado deveria ser adulto, apresentar folhas totalmente expandidas e sem danos marcantes por herbivoria e não apresentar sinais aparentes de dano no tronco, como presença de patógenos, para que todos os traços pudessem ser corretamente mensurados.

Tabela 1: Espécies que tiveram seus traços funcionais avaliados no presente estudo.

<b>Código</b>	<b>Espécie</b>	<b>Autor</b>
1	<i>Annona coriacea</i>	Mart.
2	<i>Annona crassifolia</i>	Mart.
3	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	Mart.
4	<i>Bowdichia virgilioides</i>	Kunth
5	<i>Byrsonima pachyphylla</i>	A. Juss.
6	<i>Caryocar brasiliense</i>	Cambess.
7	<i>Curatella americana</i>	L.
8	<i>Dimorphandra mollis</i>	Benth.
9	<i>Diospyros burchellii</i>	Hiern
10	<i>Himatanthus obovatus</i>	(Müll. Arg.) Woodson
11	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Mart. ex Hayne
12	<i>Kielmeyera coriacea</i>	Mart. & Zucc.
13	<i>Lafoensia pacari</i>	A. St.-Hil.
14	<i>Leptolobium elegans</i>	Vogel
15	<i>Maprounea guianensis</i>	Aubl.
16	<i>Myrcia splendens</i>	(Sw.) DC.
17	<i>Ouratea hexasperma</i>	(A. St.-Hil.) Baill.
18	<i>Ouratea spectabilis</i>	(Mart.) Engl.
19	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	(Less.) Baker
20	<i>Plenckia populnea</i>	Reissek
21	<i>Qualea grandiflora</i>	Mart.
22	<i>Qualea parviflora</i>	Mart.
23	<i>Roupala montana</i>	Aubl.
24	<i>Salvertia convallariodora</i>	A. St.-Hil.
25	<i>Solanum lycocarpum</i>	A. St.-Hil.
26	<i>Stenocalyx dysentericus</i>	(DC.) O. Berg
27	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	(Mart.) Coville
28	<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	Mart.
29	<i>Tachigali aurea</i>	Tul.

30	<i>Tachigali vulgaris</i>	L.G.Silva & H.C.Lima
31	<i>Terminalia argentea</i>	Mart. & Zucc.
32	<i>Xylopia aromatica</i>	(Lam.) Mart.

### 3.3 Coleta dos dados em campo

O critério de inclusão dos indivíduos foi apresentar circunferência maior ou igual a 15 cm a uma altura de 0,30 metros do solo (C<sub>30</sub>), por serem considerados indivíduos adultos. Foram coletadas 10 folhas adultas de cada indivíduo, as amostras eram mantidas anexadas aos galhos e colocadas em sacos plásticos para evitar a perda excessiva de umidade e a coleta dos dados ocorreu preferencialmente nas primeiras horas da manhã (06:00 as 08:00), sendo que imediatamente após as coletas, as amostras foram armazenadas em caixas de isopor com gelo e levadas até o laboratório para análises posteriores.

### 3.4 Traços funcionais foliares e de arquitetura

As amostras foliares coletadas em campo, foram triadas no Laboratório de Inventário Florestal e Ecologia da Universidade Estadual de Goiás (LIFE) em Ipameri-GO, e no Laboratório de Solos da Fundação Carmelitana Mário Palmério em Monte Carmelo-MG.

Antes de iniciar qualquer procedimento laboratorial, cada folha recebeu um código numérico que identificou a espécie, o indivíduo e o número da folha em questão. Após a codificação, foi aferida a massa fresca (MF) da folha, utilizando para isso uma balança de precisão. Em seguida, todas as folhas foram digitalizadas por um scanner a uma resolução de 300 dpi e em seguida, cada folha foi acondicionada em um saco de papel devidamente identificado com o código e inseridas em uma estufa de secagem a 70°C durante 72 horas para perda de umidade e posterior aferição de sua massa seca (MS) utilizando a mesma balança de precisão. As imagens das folhas obtidas por meio da digitalização foram analisadas no software ImageJ para obtenção da área foliar (AF) e posteriormente foi calculada a Área Foliar Específica (AFEsp) por meio da fórmula:  $AFEsp = AF(mm^2) \div MS(mg)$ . Calculou-se por meio da fórmula:  $\text{Água}(\%) = (MF - MS) \div MF \times 100$ , o percentual de água em cada folha coletada (% Água).

Para os mesmos indivíduos que tiveram seus traços foliares coletados, foi feita a avaliação de traços de arquitetura (não foliares). Foi determinada com o uso de uma fita milimetrada a circunferência a 0,30m de altura do solo (C<sub>30</sub>), posteriormente convertida para

diâmetro (D) com a fórmula:  $D = C_{30} \div \pi$ . Determinou-se a altura da 1ª ramificação (A1R) e a altura total (AT) do indivíduo, utilizando uma vara graduada para indivíduos de até 4 metros de altura e um clinômetro para indivíduos maiores. Com o auxílio de uma trena de 20 metros, foram mensurados o maior diâmetro da copa projetada no solo (D1) e o diâmetro da copa perpendicular a este (D2) e, posteriormente foi calculada a Área de Copa (AC), utilizando a fórmula:  $AC = 0,25 \times \pi \times D1 \times D2$ , onde D1 e D2 são os diâmetros da copa medidos nas duas direções. Foi calculado o volume da copa (VOL), estimado através da fórmula de uma elipsoide:  $(4 \times \pi \times A2 \times B2 \times C2) \div (3 \times 2)$ , onde A2 é o raio maior da copa, B2 a o raio menor da copa e C2 o tamanho da copa, que é a distância entre a altura total (AT) e a altura da primeira ramificação (A1R). A espessura do súber de cada indivíduo analisado, foi coletado com o auxílio de um paquímetro analógico.

Com o auxílio de dados publicados em literatura especializada (CHAVE et al., 2006; CÔRTEZ, 2013) e dados compilados pelo LIFE, foram tabulados os valores de densidade da madeira média (DM) para todas as espécies do trabalho e posteriormente foi calculada a biomassa (BM), fazendo uso da fórmula:  $0.0673 \times (DM \times DAS^2 \times AT)^{0.976}$ , onde DM=Densidade da madeira, DAS=Diâmetro e AT=Altura total do indivíduo (CHAVE et al., 2014). Ambas as variáveis constam somente na PCA e no dendrograma de similaridade, pois foram, em sua maioria, estimados indiretamente e não possuíamos dados específicos dos indivíduos para obtermos suas médias.

### 3.5 Procedimentos estatísticos

Foi feita a tabulação de todos os traços coletados em planilhas do Excel 2016. Foram realizados testes de normalidade para todos os traços coletados dentro de todas as espécies avaliadas utilizando o software estatístico Past3 e foram considerados normais, os dados que apresentaram um valor de P maior ou igual a 0,05 no teste de Shapiro-Wilk.

Foi realizada a análise de variância (ANOVA) entre as espécies com a auxílio do software SISVAR, e juntamente com a ANOVA, foi realizado o teste de Scott-Knott a 5% de significância para todos os traços foliares (utilizando a média de cada traço foliar para cada indivíduo) e de arquitetura. Foram feitas regressões entre todas as variáveis analisadas utilizando o software Excel 2016 (Anexo 4).

Utilizando o software Past3, os dados foram submetidos a uma análise de componentes principais (PCA), afim de verificar quais traços funcionais melhor caracterizam as diferenças entre as espécies. Foram retiradas variáveis correlacionadas com base nas

regressões feitas entre todos os traços funcionais, as regressões que apresentaram um valor de  $F < 0,005$  tiveram uma de variáveis eliminada da PCA, caso as funções desses traços fossem equivalentes para o indivíduo. Foram removidos os seguintes traços: quantidade bruta de água na folha, altura total, altura da 1º ramificação, área de copa e diâmetro. Após estes procedimentos, os dados foram normalizados entre 0 e 1 usando a fórmula do mínimo e máximo:  $\text{Traço normalizador} = (\text{traço} - \text{mínimo}) / (\text{máximo} - \text{mínimo})$ , em seguida foi rodado uma análise de similaridade utilizando a distância euclidiana e formado um dendrograma de similaridade pelo método de agrupamento de Ward. O objetivo desta análise foi a formação de grupos de espécies com características/funções semelhantes e em seguida foi calculada uma PERMANOVA, afim de se validar os grupos formados pelo dendrograma.

Tabela 2: Traços funcionais avaliados e sua importância para o indivíduo.

<b>Traço funcional</b>	<b>Unidade</b>	<b>Função</b>
AFEsp	mm <sup>2</sup> /mg	Capacidade e eficiência fotossintética
Diâmetro	cm	Crescimento, altura máxima e armazenamento de carbono
Altura Total	m	Armazenamento de carbono, competição por luz, dispersão de sementes.
Área de Copa	m <sup>2</sup>	Captção horizontal de luz solar, capacidade fotossintética
Altura da 1º Ramificação	m	Armazenamento de carbono
Volume da Copa	m <sup>3</sup>	Captção vertical de luz solar, capacidade fotossintética
Área foliar	mm <sup>2</sup>	Crescimento relativo, capacidade fotossintética, longevidade, absorção de carbono.
Massa Seca	mg	Resistência a danos físicos, herbivoria, exposição ao vento e longevidade foliar
Água	%	Tolerância a seca
Água	mg	Tolerância a seca
Súber	cm	Proteção mecânica, térmica e química.
Densidade Madeira Média	g/cm <sup>3</sup>	Longevidade, crescimento, altura máxima, armazenamento de carbono.
Biomassa	kg	Armazenamento de carbono



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Testes de normalidade, ANOVA e teste de Scott-Knott para traços foliares

Foram coletadas informações de 3080 folhas de 326 indivíduos. Ao todo, foram feitos 165 testes de normalidade (Anexo 1), que em sua maioria, apresentaram valores de  $P \geq 0,05$ , sendo considerados normais. Os resultados das análises de variância (ANOVA) demonstraram que houve uma clara variação entre os atributos funcionais analisados.

Os valores médios de área foliar específica (AFEsp) variaram de 3,49 mm<sup>2</sup>/mg para *T. aurea* até 12,24 mm<sup>2</sup>/mg para *S. lycocarpum* (Tabela 3). Foram encontradas diferenças significativas na ANOVA ( $F_{31,261}=15,472$ ;  $p < 0,001$ ). Dentre os traços foliares analisados, foi o que menos variou segundo o teste de Scott-Knott, tendo uma distribuição homogênea dos resultados, sem valores extremos. Os valores médios de área foliar (AF) variaram de 1431,7 para *M. splendens* até 50420,83 mm<sup>2</sup> para *D. mollis* (Tabela 3). A ANOVA foi significativa para esse traço foliar ( $F_{31,262}=162,415$ ;  $p < 0,001$ ). Dentre os traços foliares analisados, foi o que mais variou segundo o teste de Scott-Knott, sendo que a espécie *D. mollis* ficou isolada das demais com a maior média de AF.

Os valores médios do percentual de água na folha (%Água) variaram de 46,38% para *S. dysentericus* até 72,28% para *S. lycocarpum* (Tabela 3). A ANOVA mostrou-se significativa para esse traço foliar ( $F_{31,266}=16,486$ ;  $p < 0,001$ ). Para massa seca (MS) variaram de 131,94 mg para *M. splendens* até 5748,5 para *T. vulgaris* (Tabela 3). A ANOVA mostrou-se significativa para esse traço foliar ( $F_{31,264}=98,087$ ;  $p < 0,001$ ).

Tabela 3. Médias, desvio padrão e teste de Scott-Knott para traços foliares dos indivíduos amostrados no estudo. Méd = Média, Sd = Desvio padrão e SK = Scott-Knott. (As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância)

Espécie	AFEsp (mm <sup>2</sup> /mg)			Água (%)			AF (mm <sup>2</sup> )			MS (mg)		
	Méd	Sd	SK	Méd	Sd	SK	Méd	Sd	SK	Méd	Sd	SK
<i>Annona coriacea</i>	9,10	2,29	b	71,00	5,38	a	6228,80	1595,51	h	691,68	116,99	g
<i>Annona crassifolia</i>	9,30	1,58	b	66,59	2,39	a	7113,46	1687,35	h	769,25	79,94	g
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	7,50	1,08	c	59,64	4,61	b	8984,87	2331,14	g	1287,92	215,31	f
<i>Bowdichia virgilioides</i>	6,34	0,92	c	52,64	3,15	c	12768,69	4031,15	e	2069,23	618,26	e
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	10,60	1,37	a	67,58	3,06	a	10373,38	6811,65	f	1056,93	790,46	g
<i>Caryocar brasiliense</i>	5,95	1,07	c	52,42	3,85	c	8467,67	2010,59	g	1511,82	398,90	f
<i>Curatella americana</i>	9,54	1,94	b	68,14	3,30	a	5638,73	766,76	h	580,11	66,23	h
<i>Dimorphandra mollis</i>	10,76	2,45	a	57,83	3,71	c	50420,83	3785,44	a	5358,30	1044,62	a
<i>Diospyros burchellii</i>	5,18	0,63	d	54,50	2,74	c	13648,74	3073,94	e	2742,73	782,59	d
<i>Himatanthus obovatus</i>	6,39	0,73	c	70,12	3,02	a	10710,93	996,08	f	1620,45	168,98	f
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	3,61	1,53	d	50,24	17,89	d	3476,03	912,72	i	1163,46	414,13	f
<i>Kielmeyera coriacea</i>	5,86	0,94	c	65,65	3,67	a	6167,08	745,74	h	1097,44	218,40	g
<i>Lafoensia pacari</i>	6,25	1,49	c	47,91	16,92	d	4356,70	1029,31	i	763,45	270,42	g
<i>Leptolobium elegans</i>	8,04	0,67	b	59,89	1,83	b	7853,86	1899,21	g	990,34	234,46	g
<i>Maprounea guianensis</i>	11,50	1,04	a	54,24	3,34	c	3065,29	653,60	j	268,84	63,76	h
<i>Myrcia splendens</i>	11,47	2,33	a	60,87	6,53	b	1431,70	338,54	j	131,95	43,09	h
<i>Ouratea hexasperma</i>	5,09	0,18	d	53,78	0,85	c	4032,93	573,88	i	795,74	115,51	g
<i>Ouratea spectabilis</i>	7,15	0,48	c	54,84	2,18	c	4838,96	279,61	i	684,77	71,78	g
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	6,45	0,93	c	50,67	3,46	d	5323,39	1762,55	h	872,71	349,46	g
<i>Plenckia populnea</i>	11,56	1,48	a	62,73	3,03	b	4034,60	1039,24	i	368,27	120,27	h
<i>Qualea grandiflora</i>	5,56	1,23	c	65,22	4,50	a	6676,85	1876,59	h	1485,00	742,07	f
<i>Qualea parviflora</i>	11,19	3,37	a	66,21	2,12	a	2152,10	343,37	j	216,44	73,19	h
<i>Roupala montana</i>	5,39	1,02	c	47,54	5,05	d	5005,62	1301,72	i	1001,82	311,53	g
<i>Salvertia convallariodora</i>	5,64	0,47	c	67,07	1,16	a	31479,52	4173,77	b	5644,29	924,57	a
<i>Solanum lycocarpum</i>	12,24	3,84	a	72,28	3,32	a	12302,65	3147,93	e	1260,04	293,34	f
<i>Stenocalyx dysentericus</i>	6,64	0,37	c	46,38	2,27	d	2555,24	282,96	j	381,35	64,99	h

<i>Stryphnodendron adstringens</i>	8,36	5,60	b	58,46	5,97	c	17815,11	4123,96	d	3217,56	1189,93	c
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	4,23	1,20	d	48,70	2,93	d	20062,70	3306,67	c	5391,80	959,89	a
<i>Tachigali aurea</i>	3,49	1,07	d	52,58	6,70	c	11403,72	789,66	f	4432,70	1090,25	b
<i>Tachigali vulgaris</i>	4,15	1,20	d	47,47	3,76	d	21935,08	4618,03	c	5748,50	644,77	a
<i>Terminalia argentea</i>	8,63	2,88	b	58,25	3,92	c	3828,12	982,49	i	490,96	171,58	h
<i>Xylopia aromatica</i>	10,84	4,06	a	59,32	1,70	b	2977,44	804,07	j	304,85	83,46	h

Em que: AFEsp = Área foliar específica, Água (%) = Percentual de água na folha, AF = Área foliar, MS = Massa seca

#### 4.2 Testes de normalidade, ANOVA e teste de Scott-Knott para traços de arquitetura

Foram coletadas informações de 326 indivíduos. Ao todo, foram feitos 198 testes de normalidade (Anexo 2), que em sua maioria, apresentaram valores de  $P \geq 0,05$ , sendo considerados normais. Os resultados das análises de variância (ANOVA) demonstraram que houve uma clara variação entre os atributos funcionais analisados.

Os valores médios de diâmetro (D) variaram de 5,27 cm para *H. obovatus* até 21,93 cm para *A. tomentosum* (Tabela 4). A ANOVA deste traço de arquitetura demonstrou haver diferenças significativas entre as espécies analisadas ( $F_{31,254} = 11,907$ ;  $p < 0,001$ ). Para altura total (AT) as espécies apresentaram de 1,41 m para *H. obovatus* até 6,97 m para *T. argentea* (Tabela 4). A análise de variância deste traço de arquitetura demonstrou haver diferenças significativas entre as espécies analisadas ( $F_{31,260} = 9,037$ ;  $p < 0,001$ ).

Os valores médios de volume de copa (VOL) variaram de 0,28 m<sup>3</sup> para *H. obovatus* até 181,09 m<sup>3</sup> para *T. argentea* (Tabela 4). A análise de variância deste traço de arquitetura demonstrou haver diferenças significativas entre as espécies analisadas ( $F_{31,243} = 6,512$ ;  $p < 0,001$ ). Para área de copa (AC) variaram de 0,31 m<sup>2</sup> para *K. coriacea* até 36,66 m<sup>2</sup> para *T. argentea* (Tabela 4). A ANOVA deste traço de arquitetura demonstrou haver diferenças significativas entre as espécies analisadas ( $F_{31,250} = 9,051$ ;  $p < 0,001$ ).

Os valores médios de altura de 1º ramificação (A1R) variaram de 0,48 m para *S. polyphyllum* até 2,32 m para *T. aurea* (Tabela 4) A análise de variância deste traço de arquitetura demonstrou haver diferenças significativas entre as espécies analisadas ( $F_{31,262} = 7,148$ ;  $p < 0,001$ ). Os valores médios de súber (SUB) variaram de 0,1 cm para *A. coriacea* até 1,99 cm para *D. burchellii* (Tabela 4). A análise de variância deste traço de arquitetura demonstrou haver diferenças significativas entre as espécies analisadas ( $F_{31,264} = 20,716$ ;  $p < 0,001$ ).

Tabela 4. Médias, desvio padrão e teste de Scott-Knott para traços de arquitetura dos indivíduos amostrados no estudo. Méd = Média, Sd = Desvio padrão e SK = Scott-Knott. (As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância)

Espécie	D (cm)			AT (m)			VOL (m <sup>3</sup> )			AC (m <sup>2</sup> )			AIR (m)			Súber (cm)		
	Méd	Sd	SK	Méd	Sd	SK	Méd	Sd	SK	Méd	Sd	SK	Méd	Sd	SK	Méd	Sd	SK
<i>Annona coriacea</i>	11,47	3,89	c	3,29	0,76	c	6,34	3,83	c	3,82	1,40	c	1,01	0,35	c	0,10	0,00	d
<i>Annona crassifolia</i>	16,54	3,16	b	3,43	1,17	c	8,44	2,82	c	6,37	0,65	c	1,02	0,61	c	0,58	0,26	c
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	21,93	3,69	a	6,85	1,51	a	22,32	11,87	c	5,55	2,03	c	0,84	0,08	c	0,89	0,30	b
<i>Bowdichia virgilioides</i>	9,23	0,83	c	5,06	1,94	b	6,48	4,58	c	3,03	1,35	c	1,83	0,30	a	0,26	0,13	d
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	16,50	0,77	b	3,83	0,62	c	38,53	23,33	b	17,15	9,79	b	0,65	0,47	d	0,21	0,07	d
<i>Caryocar brasiliense</i>	17,57	4,14	b	6,28	0,73	a	43,44	20,35	b	13,36	3,88	b	1,11	0,59	c	0,96	0,25	b
<i>Curatella americana</i>	10,98	1,78	c	4,14	1,26	c	6,80	4,12	c	3,19	0,96	c	0,90	0,47	c	0,93	0,37	b
<i>Dimorphandra mollis</i>	18,30	8,78	b	5,89	2,09	a	59,24	50,28	b	23,04	15,72	b	1,15	0,50	c	0,93	0,68	b
<i>Diospyros burchellii</i>	18,21	5,11	b	4,02	1,16	c	17,68	15,15	c	8,11	5,59	c	0,90	0,33	c	1,99	0,50	a
<i>Himatanthus obovatus</i>	5,27	0,62	d	1,41	0,51	d	0,28	0,30	c	0,45	0,39	c	0,62	0,18	d	0,22	0,18	d
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	9,87	1,99	c	4,15	0,90	c	15,31	11,72	c	6,70	4,14	c	0,93	0,55	c	0,29	0,36	d
<i>Kielmeyera coriacea</i>	6,05	0,96	d	2,03	0,64	d	0,37	0,30	c	0,31	0,24	c	0,55	0,24	d	0,63	0,12	c
<i>Lafoensia pacari</i>	11,94	3,83	c	4,02	1,52	c	5,55	3,59	c	2,90	1,09	c	0,90	0,54	c	1,15	0,39	b
<i>Leptolobium elegans</i>	21,87	1,23	a	4,46	0,73	c	64,87	17,74	b	31,18	5,32	a	1,38	0,46	b	0,71	0,16	b
<i>Maprounea guianensis</i>	9,12	3,62	c	5,26	1,19	b	17,61	15,30	c	6,01	4,10	c	1,29	0,71	b	0,28	0,19	d
<i>Myrcia splendens</i>	11,03	5,42	c	4,94	1,00	b	9,98	5,33	c	7,76	7,27	c	0,79	0,40	c	0,45	0,27	c
<i>Ouratea hexasperma</i>	10,73	1,52	c	4,40	0,64	c	13,53	7,76	c	6,06	2,35	c	1,24	0,29	b	0,39	0,11	c
<i>Ouratea spectabilis</i>	8,19	1,42	d	2,08	0,19	d	4,54	3,29	c	4,39	2,25	c	0,80	0,39	c	0,20	0,19	d
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	10,66	2,24	c	2,56	1,06	d	1,80	1,45	c	2,50	1,95	c	0,65	0,38	d	0,40	0,27	c
<i>Plenckia populnea</i>	11,14	6,60	c	5,04	2,85	b	4,89	3,12	c	6,35	5,46	c	1,28	0,61	b	0,38	0,19	c
<i>Qualea grandiflora</i>	14,42	1,64	b	4,76	1,20	b	18,42	9,75	b	6,90	2,68	c	0,94	0,28	c	0,87	0,33	b
<i>Qualea parviflora</i>	17,34	6,28	b	6,57	3,01	a	64,91	58,78	c	14,74	10,72	b	0,54	0,34	d	0,99	0,32	b
<i>Roupala montana</i>	9,48	1,85	c	2,54	0,35	d	6,23	6,59	c	3,22	2,66	c	1,23	0,50	b	0,46	0,30	c
<i>Salvertia convallariodora</i>	21,79	2,88	a	5,83	1,64	a	56,38	31,88	b	18,78	6,63	b	1,44	1,40	b	1,11	0,38	b
<i>Solanum lycocarpum</i>	12,41	2,47	c	4,03	1,56	c	27,60	20,91	c	15,70	6,51	b	1,73	0,38	a	0,10	0,00	d

<i>Stenocalyx dysentericus</i>	19,67	1,50	a	5,87	0,27	a	51,02	20,74	b	17,35	5,83	b	1,33	0,32	b	0,62	0,19	c
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	10,09	2,54	c	4,07	1,24	c	25,06	18,80	c	12,21	7,96	c	0,55	0,27	d	0,19	0,13	d
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	7,32	1,45	d	3,81	1,03	c	24,41	18,01	c	10,10	5,73	c	0,48	0,19	d	0,22	0,12	d
<i>Tachigali aurea</i>	15,57	4,30	b	4,77	0,83	b	28,03	13,74	c	16,59	5,01	b	2,32	0,71	a	0,25	0,14	d
<i>Tachigali vulgaris</i>	8,04	2,35	d	4,51	1,01	c	24,90	15,37	c	14,44	6,17	b	2,05	0,55	a	0,23	0,09	d
<i>Terminalia argentea</i>	21,10	10,32	a	6,97	2,59	a	181,09	184,63	a	36,66	31,20	a	1,16	0,54	c	0,59	0,22	c
<i>Xylopia aromatica</i>	11,22	5,24	c	6,18	1,99	a	46,88	42,72	b	16,33	12,58	b	1,18	0,62	c	0,36	0,20	c

Em que: D = Diâmetro, AT = Altura total, VOL = Volume de copa, AC = Área de copa, A1R = Altura da 1º ramificação e SUB = Súber

### 4.3 Análise de componentes principais e dendrograma de similaridade

A análise de componentes principais (Figura 2) foi capaz de explicar 52,7% da variação dos dados nos eixos 1 e 2. O eixo 1 apresentou maior correlação positiva (autovetores  $> 0,3$ ) com as variáveis VOL, AF, MS e BM e maior correlação negativa (autovetores  $< -0,3$ ) com AFEsp. O eixo 2 apresentou maior correlação positiva com AFEsp, VOL, %Água e BM (Anexo 5).

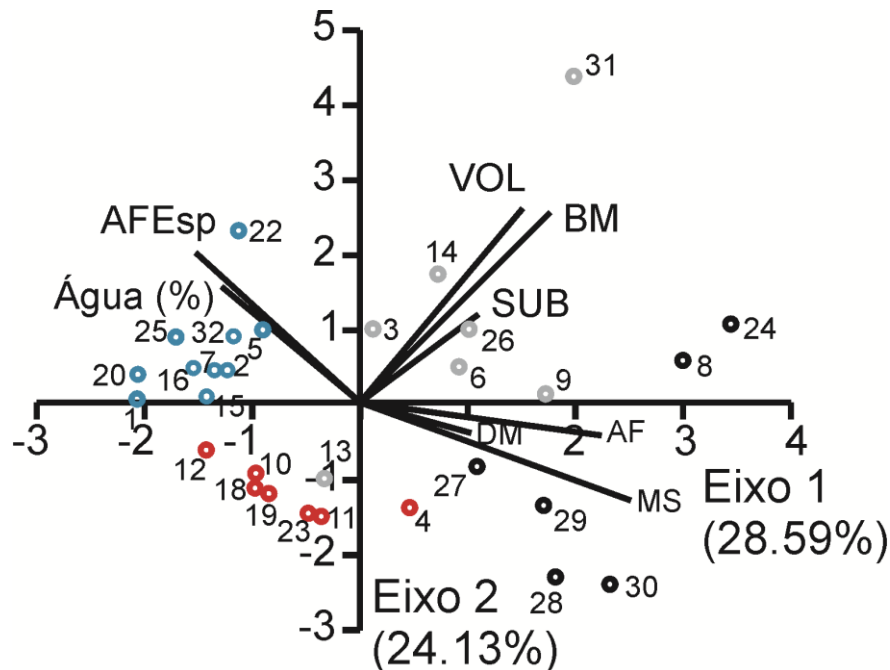


Figura 2. Análise de componentes principais para espécies de cerrado, utilizando os traços funcionais como variáveis. G1: Círculos pretos; G2: Círculos azuis; G3: Círculos vermelhos e G4: Círculos cinza. Em que: AFEsp = Área foliar específica, VOL = Volume, BM = Biomassa, SUB = Espessura do súber, AF = Área foliar, DM = Densidade da madeira, MS = Massa seca e Água (%) = Percentual de água na folha.

O dendrograma de similaridade (Figura 3) formou 4 grupos de espécies distintos. O 1º grupo funcional (G1) foi formado pelas espécies *Dimorphandra mollis*, *Salvertia convallariodora*, *Tachigali aurea*, *Tachigali vulgaris*, *Stryphnodendron adstringens* e *Stryphnodendron polyphyllum*; O 2º grupo funcional (G2), foi formado pelas espécies *Annona coriacea*, *Annona crassifolia*, *Byrsonima pachyphylla*, *Curatella americana*, *Maprounea guianensis*, *Myrcia splendens*, *Plenkya populnea*, *Qualea parviflora*, *Solanum lycocarpum* e *Xylopia aromatica*; O 3º grupo funcional (G3), foi formado pelas espécies *Bowdichia virgilioides*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Himatanthus obovatus*, *Kielmeyera coriacea*, *Ouratea spectabilis*, *Ouratea hexasperma*, *Piptocarpha rotundifolia*, *Qualea grandiflora* e *Roupala montana* e o 4º grupo funcional (G4), foi composto pelas espécies *Leptolobium elegans*,

*Aspidosperma tomentosum*, *Caryocar brasiliense*, *Diospyros burchellii*, *Lafoensia pacari*, *Stenocalyx dysentericus* e *Terminalia argentea*.

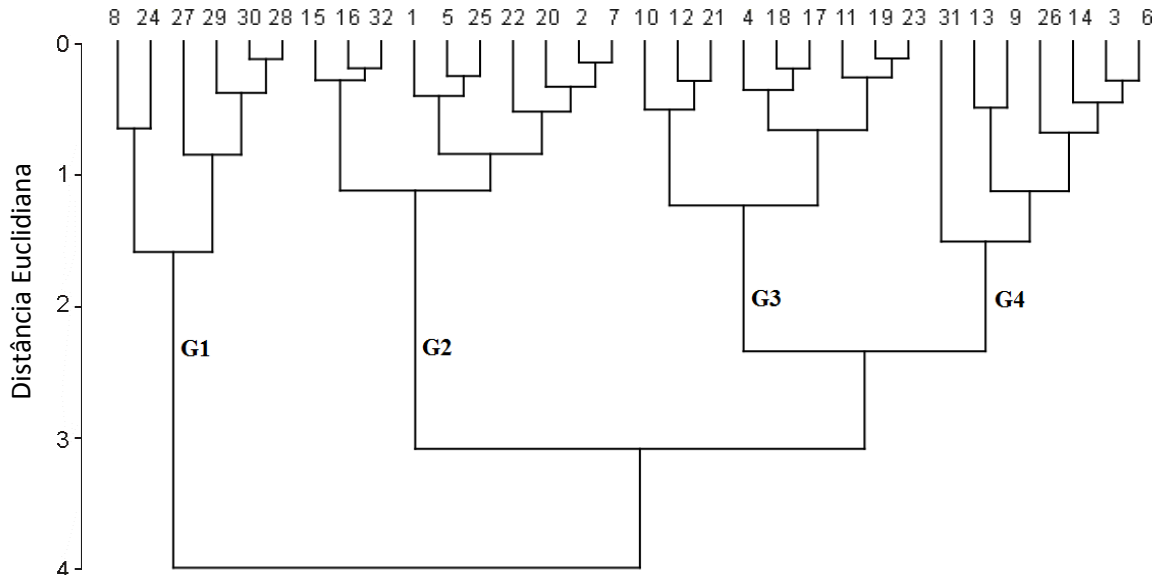


Figura 3. Dendrograma construído a partir dos atributos funcionais de 33 espécies arbóreas de Cerrado. Grupo 1: *Dimorphandra mollis* (8), *Salvertia convallariodora* (24), *Tachigali aurea* (29), *Tachigali vulgaris* (30), *Stryphnodendron adstringens* (27) e *Stryphnodendron polyphyllum* (28); Grupo 2: *Annona coriacea* (1), *Annona crassifolia* (2), *Byrsonima pachyphylla* (5), *Curatella americana* (7), *Maprounea guianensis* (15), *Myrcia splendens* (16), *Plenkya populnea* (20), *Qualea parviflora* (22), *Solanum lycocarpum* (25) e *Xylopia aromatica* (32); Grupo 3: *Bowdichia virgilioides* (4), *Hymenaea stigonocarpa* (11), *Himatanthus obovatus* (10), *Kielmeyera coriacea* (12), *Ouratea spectabilis* (18), *Ouratea hexasperma* (17), *Piptocarpha rotundifolia* (19), *Qualea grandiflora* (21) e *Roupala montana* (23) e Grupo 4: *Leptolobium elegans* (14), *Aspidosperma tomentosum* (3), *Caryocar brasiliense* (6), *Diospyros burchellii* (9), *Lafoensia pacari* (13), *Stenocalyx dysentericus* (26) e *Terminalia argentea* (31).

O dendrograma de similaridade baseado no método de agrupamento de Ward, confirmou praticamente todos os padrões encontrados pela PCA. As análises da PERMANOVA confirmaram a existência dos 4 grupos encontrados no dendrograma de similaridade (Anexo 3).

Observando a PCA, os traços funcionais que determinaram a formação do G1, foram uma maior DM, MS e AF, sendo que VOL e BM também foram importantes para formação desse grupo, que foi formado principalmente por espécies de folhas composta com baixa AFEsp e alta AF e MS; O G2 apresentou espécies de pequeno porte, com baixo volume de



copa e acumulação de BM, entretanto apresentou uma alta AFEsp aliada a um alto %Água; O G3 foi formado por espécies que apresentaram o menor aporte de BM e VOL do estudo, e também apresentou valores baixos para DM, AF e MS, sendo espécies tipicamente de pequeno porte; O G4 apresentou os maiores valores de VOL, BM e SUB do estudo, configurando o grupo de espécies com o maior porte do estudo, porém, apresentou baixos valores de AFEsp e %Água.

## 5. DISCUSSÃO

Houve uma maior variação dos traços foliares em detrimento dos traços de arquitetura, provavelmente pelo fato de a folha ser o órgão mais plástico do indivíduo e mais sujeita a sofrer com variações ambientais (BOEGER et al., 2008; MARQUES; GARCIA; FERNANDES, 1999). Por ser a principal provedora de energia para a planta via fotossíntese, grande parte do sucesso ou fracasso de uma planta em um determinado ambiente é condicionado à folha (SOMAVILLA; GRACIANO-RIBEIRO, 2011). Diferentes anatomias e morfologias são necessárias para manter boa eficiência da fotossíntese (GÁLVEZ; PEARCY, 2003) em ambientes com diferentes fatores limitantes, uma vez que no cerrado *sensu stricto* há diversas condições climáticas e ambientais, como grandes variações nos teores nutricionais do solo (HARIDASAN, 2008), sazonalidade climática com baixa pluviosidade na estação seca (PILON; UDULUTSCH; DURIGAN, 2015; BATALHA; ARAGAKI; MANTOVANI, 1997) e eventos de queima (KLINK e MACHADO, 2005). Essas variações nos aspectos foliares permitem a diferentes espécies ocuparem diferentes condições ambientais denotando distintas capacidades de sobrevivência no ambiente.

Variações nos valores de AFEsp estão relacionadas a respostas a alterações no regime de luminosidade e podem ser associados com a eficiência fotossintética da espécie (REICH; ELLSWORTH; WALTERS, 1998). Baixos valores de AFEsp, estão relacionados ao sombreamento e a baixa eficiência fotossintética em condições de pouca luminosidade para sub-bosques de florestas estacionais (PRADO JÚNIOR, 2015). No presente trabalho, os valores mais elevados de AFEsp variaram de 10,6 mm<sup>2</sup>/mg para *Byrsonima pachyphylla* até 12,24 mm<sup>2</sup>/mg para *Solanum lycocarpum*, tais valores, são semelhantes aos encontrados por Prado-Júnior (2015) para espécies em fragmentos de florestas estacionais semidecíduais típicas de sub-bosque (AFEsp geralmente entre 10-14 mm<sup>2</sup>/mg) com alta intensidade de perturbação. Porém, diferente de ambientes florestais, a luminosidade geralmente não é um fator limitante para cerrado *sensu stricto* (ss), mas sim o déficit hídrico (LEMOS FILHO, 2000). Plantas com menor AFEsp tendem a ter baixa eficiência fotossintética (REICH; ELLSWORTH; WALTERS, 1998), mas ao mesmo tempo, possuem menos água disponível para as células e, conseqüentemente, tendem a ter uma menor pressão por transpiração. Logo, a baixa AFEsp para plantas de cerrado ss provavelmente está relacionado com a baixa disponibilidade hídrica na estação seca. A água desempenha diversas funções fisiológicas para a planta, como crescimento (DONAGHY; FULKERSON, 1997), estabilidade térmica e está envolvida em diversas reações bioquímicas, inclusive a fotossíntese. Houve uma relação positiva entre AFEsp e o percentual de água na folha indicando que o indivíduo, tende a

alocar o recurso para essa parte da planta, o que possibilita a folha a manter suas plenas funções fisiológicas mesmo sob forte insolação, condição comum no ambiente de cerrado *ss* (BERNASOL; LIMA-RIBEIRO, 2010). Assim, as plantas de cerrado tendem a possuir baixas AFEsp em relação a espécies típicas de ambientes iluminados de ambientes florestais, porém semelhantes a espécies de sub-bosque florestais, devido a limitação no uso da água e não limitação em relação a luminosidade. As espécies do G2 apresentaram essas características, logo apenas algumas espécies de cerrado possuem esta estratégia de sobrevivência.

Em contrapartida, notou-se uma relação inversamente proporcional entre AFEsp e a biomassa do indivíduo, logo espécies cujas árvores tem alta capacidade fotossintética são, surpreendentemente, menores em relação a aquelas com capacidade fotossintética reduzida, o que pode indicar uma estratégia de sobrevivência, reproduzida pelos indivíduos das espécies do G3. Para florestas, a alta AFEsp é relacionada com a competição por luminosidade, mas não para cerrado *ss*, onde a luminosidade não é o maior fator limitante. Provavelmente, em um evento onde o indivíduo de menor porte perde uma grande fração ou toda sua parte aérea (evento denominado “topkill” – HOFFMANN et al., 2009), a planta aloca recursos para produzir novas folhas, tanto tecidos fotossintéticos, quanto os secundários, que são considerados mais onerosos energeticamente de se produzir. Assim, possuir folhas com grande quantidade de tecidos secundários, em um local onde eventos que causam danos as folhas são comuns, como incêndios/fogo, dificultaria a manutenção do indivíduo pós evento de queima. Por essa razão, espécies tipicamente menores de cerrado *ss* devem investir mais em tecidos fotossintetizantes, mais fáceis de serem regenerados do que tecidos secundários possuindo maior AFEsp. As espécies do G4, são as que possuem a maior média de biomassa aérea (G4=77,43 kg; G1: 41,31 kg; G2: 25,18 kg; G3: 12,9 kg) e estão entre as menores áreas foliares específicas avaliadas, sendo 55% menor que a média do grupo com a maior AF encontrada no trabalho.

Para espécies com indivíduos de maior porte, as folhas possuem mais tecidos de sustentação, logo demandam muita energia para sua fabricação. Assim o tamanho superior seria uma estratégia de sobrevivência e tentativa de não danificar as folhas. Vários estudos observaram que a mortalidade de indivíduos de menor diâmetro é mais expressiva em eventos de fogo (SOUZA; SOUZA; RATTER, 2009) e que espécies de maior altura possuem um escape mecânico do fogo (LOPES; VALE; SCHIAVINI, 2009; VALE; LOPES, 2010), pois consegue manter fora de espectro de ação do calor. Partes mais sensíveis como meristemas laterais e apicais são protegidas pelo do súber, que isola a planta contra o fogo, mesmo que isso tenha sido avaliado indiretamente nestes trabalhos (FIEDLER et al., 2004). Nós encontramos no trabalho, que baixos valores de AFEsp, alta biomassa e súber espesso, estão

relacionados como uma estratégia de evitação ao fogo para árvores adultas das espécies do G4 em cerrado *ss*.

A mortalidade de indivíduos de pequeno porte é substancialmente maior que a mortalidade de indivíduos grandes em eventos que causem supressão vegetal, como incêndios (SOUZA; SOUZA; RATTER, 2009), entretanto, no cerrado *ss*, é fácil perceber que existe uma presença massiva de espécies de pequeno porte, exemplificadas pelas espécies do G3, que apresentam baixa eficiência fotossintética, baixo volume de copa, súber fino e baixo acúmulo de biomassa, logo devem possuir estruturas foliares pesadas como tricomas, tecidos secundários ou látex (látex e folha) que aumentam a massa da folha como “proteção” contra a perda de água em períodos secos. Provavelmente são espécies que tem uma menor tolerância ao fogo, mas, maior tolerância a períodos secos.

Do outro lado, existe o G4 notadamente possuem um porte maior que a média para cerrado *sensu stricto* aqui avaliada, ostentando uma copa volumosa, com um súber espesso e alto acúmulo de biomassa, e diferente do G3, que apresenta uma estratégia de tolerância ao déficit hídrico, o G4 aparenta ter uma estratégia de evitação ao fogo, uma vez que a zona crítica de temperatura se encontra a 60 cm do chão, onde a temperatura pode ultrapassar os 500°C (MIRANDA et al., 1993), os indivíduos destas espécies posicionam sua copa acima do espectro de ação do calor e protege tecidos internos pela presença do súber, composto por camadas de células mortas que se deposita nos galhos e troncos e atua como uma proteção mecânica, térmica e química (SOUZA et al., 2014).

A remoção do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera está diretamente ligado aos processos de crescimento da planta (VALE; FIEDLER; SILVA, 2002). Neste ponto o G4 (grupo com maior biomassa) deve ser um grupo de espécies que estocam biomassa em seus tecidos, que tendem a ser densos (possuem alta densidade de madeira) contrapõem-se ao G2 que possui baixa densidade de madeira e são menores, porém por possuir alta AFEsp tem alta capacidade fotossintética, sendo um grupo com maior capacidade de produção de biomassa.. Logo estudos que liguem estocagem e produção de biomassa (ROQUETTE, 2018), devem levar em consideração traços funcionais como biomassa, AFEsp e espessura do súber para que seja avaliada a capacidade de armazenamento de carbono da fisionomia em questão.

As espécies com as maiores AF não foram as mesmas que apresentaram os maiores valores de AFEsp, possivelmente devido à alta alocação de biomassa nas folhas, conferindo conseqüentemente uma maior massa seca. Cinco espécies do G1 (com exceção de *Salvertia convallariodora*) possuem folhas compostas e na metodologia utilizada nesse estudo, toda a folha foi utilizada para aferição de AF, AFEsp e MS, logo o pecíolo e a raque foram inclusos na massa da folha. Para folhas compostas, o pecíolo é geralmente longo e pesado e somado a

massa da raque, o valor de MS é ampliado, e uma vez que a fórmula para calcular a AFEsp, é a razão entre AF e MS, conseqüentemente seu valor diminuirá (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Acreditamos que, para espécies com folhas compostas, o correto seria eliminar a massa da raque e do pecíolo, pois, estas estruturas tem um papel estrutural e funcionam mais como pequenos galhos e ramos do que como uma folha propriamente dita, cuja função primária é a fotossíntese. Excluindo a massa destas estruturas, o valor de AFEsp aumentaria consideravelmente, condizendo com a realidade do G1 (Alta BM e maior DM).

Foi possível, com o auxílio das análises, constatar a existência de 4 grupos funcionais para cerrado sensu stricto. A separação dos grupos foi baseada nos traços funcionais e evidenciam estratégias diferentes de sobrevivência de cada grupo, pois estando inseridas em um ambiente com diferentes condições (solo, seca e fogo), como é o caso do cerrado ss, onde essa é uma condição normal que está presente a milhões de anos (SILVA et al., 2011) existe uma pressão de seleção acentuada sobre as espécies, sobressaindo aquelas que possuam características que permitem a sobrevivência em nestas condições. Essa separação em grupos é importante para que entendamos melhor como funciona o ecossistema e prever quais serão suas respostas aos impactos ambientais.

## 6. CONCLUSÕES

Basicamente, encontramos o G1 que apresentou a maior média de AF, MS e DM do trabalho, porém apresentou um dos menores valores de AFEsp, possivelmente influenciado pelo método de análise utilizado, que provavelmente superestimou a MS das espécies compostas e conseqüentemente diminuiu o valor de AFEsp; G2 que apresentou a maior AFEsp e %água do trabalho e contrariando o senso comum, apresentou a segunda menor média de biomassa entre os grupos encontrados, indicando uma estratégia de sobrevivência; G3 que apresentou os menores valores para AFEsp, volume de copa, súber e biomassa, configurando um grupo de espécies de menor porte em relação aos demais e G4 que apresentou os maiores valores de volume de copa, súber e biomassa do trabalho, porém apresentou uma baixa AFEsp, indicando uma baixa eficiência fotossintética, sendo espécies que provavelmente tem um crescimento lento e aparentam ter uma estratégia de evitação ao fogo na sua fase adulta.

Respondendo às perguntas propostas

1) É possível a delimitação das espécies em grupos funcionais?

Sim, foi possível delimitar as espécies em pelo menos 4 grupos funcionais distintos.

2) Quais traços funcionais apresentam as maiores variações na paisagem e melhor explicam a sobrevivência e manutenção das espécies de cerrados *sensu stricto*?

Os traços que mais variaram no trabalho, foram os foliares, provavelmente pelo fato da folha ser o órgão mais plástico do indivíduo. E os traços que melhor explicaram a presença destas espécies no cerrado *sensu stricto*, foram área foliar específica, área foliar, massa seca, percentual de água na folha, súber, volume da copa, biomassa e densidade da madeira.

3) Os grupos funcionais existentes em cerrado apresentam semelhanças em relação a grupos funcionais florestais e quais são as principais diferenças?

De uma maneira geral, a AFEsp de todos os grupos é bem menor que a encontrada para florestas, mesmo grupos com alta AF, apresentaram alta MS, reduzindo a AFEsp. Sendo assim, os grupos funcionais para cerrado, apresentam grande discrepância em relação aos grupos florestais. Diferente de ambientais florestais, elevada AFEsp pode apresentar relação inversa com a biomassa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATALHA, M. A.; ARAGAKI, S.; MANTOVANI, W.. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas - Pirassununga, SP. **Acta Botanica Brasilica**, [s.l.], v. 11, n. 1, p.61-78, jul. 1997.
- BERNASOL, W. P.; LIMA-RIBEIRO, M.S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea**, São Paulo, v. 37, n. 2, p.181-198, 15 abr. 2010.
- BOEGER, M. R. T. et al. Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Botânica**, [s.l.], v. 31, n. 3, p.443-452, set. 2008.
- CHAVE, J. et al. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. **Ecological Applications**, [s.l.], v. 16, n. 6, p.2356-2367, 2006.
- CHAVE, J. et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, [s.l.], v. 20, n. 10, p.3177-3190, 21 jun. 2014.
- CHAZDON, R. L. et al. Composition and Dynamics of Functional Groups of Trees During Tropical Forest Succession in Northeastern Costa Rica. **Biotropica**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.31-40, 14 set. 2009.
- CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.93-103, set. 2009.
- CÔRTEZ, L.G. **Características de história de vida de árvores do Cerrado direcionando o futuro e a adaptação aos impactos das mudanças climáticas**. 2013. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- DONAGHY, D. J.; FULKERSON, W. J. The importance of water-soluble carbohydrate reserves on regrowth and root growth of *Lolium perenne* (L.). **Grass And Forage Science**, [s.l.], v. 52, n. 4, p.401-407, dez. 1997.
- DUARTE, C. M. Methods in Comparative Functional Ecology. In: PUGNAIRE, Francisco I.; VALLADARES, Fernando. **Functional Plant Ecology**. 2. ed. Boca Raton: Crc, 2007. Cap. 1. p. 1-7.
- FIEDLER, N.C. et al. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p.129-138, fev. 2004.
- GÁLVEZ, D.; PEARCY, R. W.. Petiole twisting in the crowns of *Psychotria limonensis*: implications for light interception and daily carbon gain. **Oecologia**, [s.l.], v. 135, n. 1, p.22-29, 7 fev. 2003.

- HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, [s.l.], v. 20, n. 3, p.183-195, set. 2008.
- HOFFMANN, W. A. et al. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna–forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology**, [s.l.], v. 90, n. 5, p.1326-1337, maio 2009.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.147-155, jul. 2005.
- LEMOS FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.45-50, mar. 2000.
- LOPES, S.F.; VALE, V.S.; SCHIAVINI, I. Efeito de queimadas sobre a estrutura e composição da comunidade vegetal lenhosa do cerrado sentido restrito em Caldas Novas, GO. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 4, p.695-704, ago. 2009.
- MARQUES, A.R.; GARCIA, Q.S.; FERNANDES, G.W. Effects of Sun and Shade on Leaf Structure and Sclerophylly of *Sebastiania myrtilloides* (Euphorbiaceae) from Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 18, p.21-27, 27 jun. 1999.
- MIRANDA, A. C. et al. Soil and air temperatures during prescribed Cerrado fires in Central Brazil. **Journal Of Tropical Ecology**, [s.l.], v. 9, n. 03, p.313-320, ago. 1993.
- MISSIO, F. F. et al. Atributos funcionais de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ombrófila mista em Lages - SC. **Ciência Florestal**, [s.l.], v. 27, n. 1, p.215-224, 31 mar. 2017.
- MÜLLER, S. C. et al. Plant Functional Types of Woody Species Related to Fire Disturbance in Forest–Grassland Ecotones. **Plant Ecology**, [s.l.], v. 189, n. 1, p.1-14, 9 jun. 2007.
- PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal Of Botany**, [s.l.], v. 61, n. 3, p.167-234, 2013.
- PILON, N. A. L.; UDULUTSCH, R. G.; DURIGAN, G. Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. **Hoehnea**, [s.l.], v. 42, n. 3, p.425-443, set. 2015.
- POORTER, L.; BONGERS, F.. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. **Ecology**, [s.l.], v. 87, n. 7, p.1733-1743, jul. 2006.
- PRADO JÚNIOR, J. et al. Functional leaf traits of understory species: strategies to different disturbance severities. **Brazilian Journal Of Biology**, [s.l.], v. 75, n. 2, p.339-346, maio 2015.
- PRADO-JUNIOR, J. A. et al. Conservative species drive biomass productivity in tropical dry forests. **Journal Of Ecology**, [s.l.], v. 104, n. 3, p.817-827, 19 fev. 2016.



- PRADO-JUNIOR, J. A. et al. Functional traits shape size-dependent growth and mortality rates of dry forest tree species. **Journal Of Plant Ecology**, [s.l.], p.895-906, 23 set. 2017.
- REICH, P. B.; ELLSWORTH, D. S.; WALTERS, M. B.. Leaf structure (specific leaf area) modulates photosynthesis-nitrogen relations: evidence from within and across species and functional groups. **Functional Ecology**, [s.l.], v. 12, n. 6, p.948-958, dez. 1998.
- REICH, P. B. The world-wide “fast-slow” plant economics spectrum: a traits manifesto. **Journal Of Ecology**, [s.l.], v. 102, n. 2, p.275-301, 2014.
- RICOTTA, C.; AVENA, G.; CHIARUCCI, A. Quantifying the effects of nutrient addition on the taxonomic distinctness of serpentine vegetation. **Plant Ecology**, [s.l.], v. 179, n. 1, p.21-29, 2005.
- RIOS, M. N. S.; SOUSA-SILVA, J. C. Grupos funcionais em áreas com histórico de queimadas em Cerrado sentido restrito no Distrito Federal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [s.l.], v. 37, n. 91, p.285-298, 29 set. 2017
- ROQUETTE, J. G. Distribuição da biomassa no Cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p.1350-1363, 1 out. 2018.
- SILVA, D. M. et al. Os Efeitos dos Regimes de Fogo sobre a Vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: 27 Considerações para a Conservação da Diversidade. **Biodiversidade Brasileira**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.26-39, 2011.
- SOBOLESKI, V.F. et al. Functional traits variation of the tree component in response to edaphic gradients in a cloud forest in the south of Brazil. **Rodriguésia**, v.68, p.2, p.291-300, 2007.
- SOMAVILLA, N. S.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Análise comparativa da anatomia foliar de Melastomataceae em ambiente de vereda e cerrado sensu stricto. **Acta Botanica Brasilica**, [s.l.], v. 25, n. 4, p.764-775, dez. 2011.
- SOUZA LIMA, E.; SOUZA LIMA, H.; RATTER, J. A. Mudanças pós-fogo na estrutura e composição da vegetação lenhosa, em um cerrado mesotrófico, no período de cinco anos (1997-2002) em Nova Xavantina-MT. **Cerne**, v. 15, n. 4, 2009.
- SOUZA, A.R. et al. Flame retardant properties of the bark powder of *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul (angico) studied by coupled thermogravimetry–Fourier transform infrared spectroscopy. **Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis**, [s.l.], v. 106, p.187-189, mar. 2014.
- VALE, Vagner Santiago do et al. When ecological functions are more important than richness: A conservation approach. **Journal Of Ecology And The Natural Environment**, [s.l.], v. 2, n. 12, p.270-280, dez. 2010.

VALE, A. T.; FIEDLER, N. C.; SILVA, G. F. Avaliação energética da biomassa do cerrado em função do diâmetro das árvores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p.115-126, 2002.

VALE, V. S.; LOPES, S. F. Efeitos do fogo na estrutura populacional de quatro espécies de Cerrado. **Revista Nordestina de Biologia**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.45-53, 30 dez. 2010.

VALE, V. S. et al. Functional groups in a semideciduous seasonal forest in Southeastern Brazil. **Biotemas**, [s.l.], v. 26, n. 2, p.45-58, 12 jan. 2013.

VIOLLE, C.; JIANG, L. Towards a trait-based quantification of species niche. **Journal Of Plant Ecology**, [s.l.], v. 2, n. 2, p.87-93, 2009.

WRIGHT, S. J. et al. Functional traits and the growth–mortality trade-off in tropical trees. **Ecology**, [s.l.], v. 91, n. 12, p.3664-3674, 2010.

## 8. ANEXOS

Anexo 1: Testes de normalidade para os traços foliares avaliados nas espécies arbóreas de Cerrado.

Espécie	AFEsp (mm <sup>2</sup> /mg)			Água (%)			AF (mm <sup>2</sup> )			MS (mg)		
	N	SW	P	N	SW	P	N	SW	P	N	SW	P
<i>Annona coriacea</i>	10	0,9109	0,2875	10	0,8815	0,1358	10	0,9161	0,3255	10	0,8163	0,02288
<i>Annona crassifolia</i>	10	0,9302	0,4501	10	0,8796	0,129	10	0,951	0,6798	10	0,8816	0,1362
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	10	0,9876	0,9929	10	0,9444	0,6031	10	0,8535	0,06393	10	0,944	0,5987
<i>Bowdichia virgilioides</i>	7	0,9457	0,6904	7	0,958	0,8016	7	0,9504	0,7337	7	0,9651	0,8614
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	7	0,9038	0,3545	7	0,8166	0,0595	7	0,9065	0,3721	7	0,8827	0,2385
<i>Caryocar brasiliense</i>	10	0,6525	0,000235	10	0,9578	0,7601	10	0,9427	0,5835	10	0,8947	0,1914
<i>Curatella americana</i>	10	0,8819	0,1373	9	0,8764	0,1438	10	0,7634	0,005203	10	0,5186	6,02E-06
<i>Dimorphandra mollis</i>	10	0,8837	0,144	10	0,8491	0,05675	10	0,9378	0,5283	10	0,9536	0,7117
<i>Diospyros burchellii</i>	10	0,8886	0,1635	10	0,9814	0,972	10	0,9423	0,5794	10	0,9139	0,3086
<i>Himatanthus obovatus</i>	10	0,844	0,04924	10	0,9452	0,6122	10	0,8369	0,0405	10	0,964	0,8301
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	10	0,6564	0,000262	10	0,9308	0,4562	10	0,7563	0,004263	10	0,721	0,001585
<i>Kielmeyera coriacea</i>	10	0,6852	0,000583	10	0,9226	0,3795	10	0,9343	0,4912	10	0,9251	0,4015
<i>Lafoensia pacari</i>	10	0,7272	0,001885	10	0,9822	0,9759	10	0,9442	0,6011	10	0,9318	0,4662
<i>Leptolobium elegans</i>	7	0,8432	0,1065	7	0,9077	0,3799	7	0,9081	0,3829	7	0,8947	0,3002
<i>Maprounea guianensis</i>	10	0,8969	0,2027	10	0,9499	0,6679	10	0,9593	0,7774	10	0,8958	0,1968
<i>Myrcia splendens</i>	10	0,9244	0,3953	10	0,959	0,7744	10	0,9356	0,5056	10	0,9014	0,227
<i>Ouratea hexasperma</i>	7	0,9275	0,5297	7	0,9125	0,4137	7	0,9318	0,5667	7	0,8726	0,1954
<i>Ouratea spectabilis</i>	7	0,8431	0,1063	7	0,8453	0,1113	7	0,917	0,4465	7	0,9374	0,6154
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	10	0,9475	0,6392	10	0,9462	0,624	10	0,9165	0,3284	10	0,94	0,5525
<i>Plenckia populnea</i>	10	0,9758	0,9386	10	0,9408	0,5624	10	0,8671	0,09243	10	0,884	0,1449
<i>Qualea grandiflora</i>	10	0,8735	0,1099	10	0,9718	0,9073	10	0,8093	0,01882	10	0,853	0,06299
<i>Qualea parviflora</i>	10	0,957	0,751	10	0,9463	0,6253	10	0,9274	0,4225	10	0,9374	0,5243
<i>Roupala montana</i>	10	0,9574	0,7553	10	0,9245	0,396	10	0,9478	0,6421	10	0,9383	0,5339
<i>Salvertia convallariodora</i>	7	0,9057	0,367	7	0,9459	0,6923	7	0,9152	0,4334	7	0,8606	0,1532
<i>Solanum lycocarpum</i>	7	0,8552	0,1371	7	0,829	0,07828	7	0,9321	0,5693	10	0,8726	0,1073

<i>Stenocalyx dysentericus</i>	10	0,7761	0,007429	10	0,9002	0,2203	10	0,8959	0,1973	10	0,9894	0,9961
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	10	0,6712	0,000395	10	0,9475	0,6387	10	0,9387	0,5388	7	0,8899	0,274
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	10	0,9399	0,5518	10	0,9567	0,7471	10	0,9441	0,5991	10	0,9489	0,6561
<i>Tachigali aurea</i>	10	0,9469	0,6323	10	0,9541	0,717	10	0,866	0,08965	10	0,9386	0,537
<i>Tachigali vulgaris</i>	10	0,958	0,7627	10	0,9418	0,5734	10	0,9849	0,9859	10	0,8996	0,2168
<i>Terminalia argentea</i>	10	0,8366	0,04022	10	0,9491	0,6576	10	0,8116	0,02005	10	0,8922	0,1794
<i>Xylopia aromatica</i>	10	0,9524	0,6975	10	0,9595	0,7807	10	0,8798	0,1299	10	0,8767	0,1194

Em que: AFEsp = Área foliar específica, Água (%) = Percentual de água na folha, AF = Área foliar, MS = Massa seca

Anexo 2: Testes de normalidade para os traços de arquitetura avaliados nas espécies arbóreas de Cerrado.

Espécies	D (cm)			AT (m)			VOL (m <sup>3</sup> )			AC (m <sup>2</sup> )			A1R (m)			Súber (cm)		
	N	SW	P	N	SW	P	N	SW	P	N	SW	P	N	SW	P	N	SW	P
<i>Annona coriacea</i>	10	0,9244	0,395	10	0,9753	0,9355	10	0,9575	0,7575	10	0,9098	0,2796	10	0,9493	0,6602	10	1	1
<i>Annona crassifolia</i>	10	0,8961	0,1986	10	0,9244	0,3948	10	0,6774	0,00047	10	0,6627	0,000312	10	0,9097	0,2792	10	0,7459	0,003184
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	10	0,9762	0,9417	10	0,936	0,5098	10	0,7028	0,000953	10	0,7642	0,005308	10	0,8068	0,01755	10	0,9115	0,2912
<i>Bowdichia virgilioides</i>	7	0,6312	0,000628	7	0,9696	0,8953	7	0,6357	0,000707	7	0,7061	0,004317	7	0,7587	0,01565	7	0,8774	0,2153
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	7	0,7621	0,01694	7	0,9638	0,8504	6	0,9053	0,4063	7	0,9271	0,5266	6	0,8563	0,1769	7	0,84	0,09945
<i>Caryocar brasiliense</i>	10	0,9467	0,6296	10	0,8105	0,01946	10	0,9493	0,6597	10	0,9418	0,5732	10	0,8464	0,05267	10	0,9217	0,3716
<i>Curatella americana</i>	10	0,7971	0,01336	10	0,8733	0,1091	10	0,5447	1,22E-05	10	0,5247	7,1E-06	10	0,9158	0,3236	10	0,9217	0,3716
<i>Dimorphandra mollis</i>	10	0,8979	0,2078	10	0,9257	0,407	10	0,7653	0,005479	10	0,8221	0,02684	10	0,9614	0,802	10	0,8872	0,1578
<i>Diospyros burchellii</i>	10	0,9425	0,5816	10	0,9019	0,23	10	0,8845	0,1468	10	0,868	0,09462	10	0,6315	0,000132	10	0,9551	0,7285
<i>Himatanthus obovatus</i>	10	0,6828	0,000545	10	0,9018	0,229	10	0,6115	7,58E-05	10	0,5745	2,75E-05	10	0,8409	0,04527	10	0,694	0,000745
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	10	0,5545	1,59E-05	10	0,6664	0,000346	10	0,4325	5,93E-07	10	0,5603	1,87E-05	10	0,939	0,5418	10	0,6299	0,000126
<i>Kielmeyera coriacea</i>	10	0,651	0,000226	10	0,9377	0,5281	10	0,8974	0,2052	10	0,7135	0,001286	10	0,8804	0,132	10	0,7123	0,001243
<i>Lafoensia pacari</i>	10	0,9607	0,7941	10	0,9356	0,5057	10	0,7138	0,001294	10	0,7397	0,002672	10	0,9167	0,33	10	0,9782	0,955
<i>Leptolobium elegans</i>	7	0,8304	0,08068	7	0,8786	0,2203	7	0,9817	0,9673	7	0,9383	0,6234	7	0,8912	0,2808	7	0,9134	0,4196
<i>Maprounea guianensis</i>	10	0,827	0,03081	10	0,976	0,9401	10	0,9015	0,2275	10	0,9259	0,4089	10	0,9557	0,7361	10	0,8447	0,05025

<i>Myrcia splendens</i>	10	0,9139	0,3087	10	0,9293	0,4408	10	0,7434	0,002967	10	0,7789	0,008017	10	0,9405	0,559	10	0,929	0,4378
<i>Ouratea hexasperma</i>	7	0,8347	0,08864	7	0,9116	0,4069	7	0,8608	0,154	7	0,8907	0,2783	7	0,9754	0,9344	7	0,8936	0,2939
<i>Ouratea spectabilis</i>	7	0,9451	0,685	7	0,7615	0,01672	7	0,8977	0,3172	7	0,8886	0,2672	7	0,9299	0,5497	7	0,6296	0,000601
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	10	0,8753	0,1152	10	0,8608	0,07798	10	0,7336	0,002253	10	0,8496	0,0574	10	0,9915	0,9983	10	0,9093	0,276
<i>Plenckia populnea</i>	10	0,8633	0,08345	10	0,9174	0,3359	10	0,6793	0,000495	10	0,7346	0,00232	10	0,9082	0,269	10	0,9339	0,4874
<i>Qualea grandiflora</i>	10	0,9467	0,6298	10	0,963	0,8195	10	0,953	0,7042	10	0,9131	0,3033	10	0,9738	0,9237	10	0,9254	0,4038
<i>Qualea parviflora</i>	10	0,8786	0,1256	10	0,8692	0,09778	10	0,8512	0,06009	10	0,9163	0,3271	10	0,8496	0,05743	10	0,9216	0,3702
<i>Roupala montana</i>	10	0,7369	0,002469	10	0,8115	0,01997	10	0,7738	0,006951	10	0,8299	0,03339	10	0,963	0,8198	10	0,9216	0,3702
<i>Salvertia convallariodora</i>	7	0,667	0,001599	7	0,9596	0,8151	5	0,9568	0,7854	7	0,785	0,029	5	0,912	0,4798	7	0,9311	0,56
<i>Solanum lycocarpum</i>	7	0,9647	0,8577	7	0,9385	0,6257	7	0,941	0,6479	7	0,9228	0,4913	7	0,8202	0,06454	7	1	1
<i>Stenocalyx dysentericus</i>	10	0,9674	0,8659	10	0,7219	0,001625	10	0,9743	0,9277	10	0,8998	0,2177	10	0,8989	0,2132	10	0,9339	0,4874
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	10	0,893	0,1834	10	0,9463	0,625	10	0,8436	0,04868	10	0,9212	0,3674	10	0,934	0,4879	10	0,6444	0,000188
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	10	0,6839	0,000562	10	0,9049	0,248	10	0,8432	0,04816	10	0,8529	0,06297	10	0,9315	0,4628	10	0,8408	0,04508
<i>Tachigali aurea</i>	10	0,9784	0,9563	10	0,9442	0,6009	10	0,958	0,7634	10	0,8312	0,0346	10	0,8566	0,06952	10	0,9093	0,276
<i>Tachigali vulgaris</i>	10	0,9139	0,309	10	0,9649	0,8395	10	0,8914	0,1757	10	0,9429	0,5857	10	0,9866	0,9908	10	0,9108	0,2869
<i>Terminalia argentea</i>	10	0,9404	0,5578	10	0,8887	0,1641	10	0,8795	0,1288	10	0,9224	0,3777	10	0,9555	0,7337	10	0,9554	0,732
<i>Xylopia aromatica</i>	10	0,9089	0,2735	10	0,9819	0,9745	10	0,7668	0,00572	10	0,8828	0,1406	10	0,8302	0,03367	10	0,8251	0,02918

Em que: D = Diâmetro, AT = Altura total, VOL = Volume de copa, AC = Área de copa, A1R = Altura da 1ª ramificação e SUB = Súber

### Anexo 3: Resultado da PERMANOVA para comprovação significativa da formação dos grupos

Permutation N:	9999	G4	G2	G3	G1
Total sum of squares:	15.42	G4	0.0001	0.0003	0.0005
Within-group sum of squares:	7.444	G2	0.0001	0.0001	0.0001
F:	9.996	G3	0.0003	0.0001	0.0001
p (same):	0.0001	G1	0.0005	0.0001	0.0001

Anexo 4: Valores de R<sup>2</sup> e equações das regressões.

	AFEsp (mm <sup>2</sup> /mg)	D (cm)	AT (m)	AC (m <sup>2</sup> )	AIR (m)	VOL (m <sup>3</sup> )	AF (mm <sup>2</sup> )	MS (mg)	Água (%)	Água (mg)	SUB (cm)	DM (g/cm <sup>3</sup> )	BM (kg)
<b>AFEsp (mm<sup>2</sup>/mg)</b>	-	0,0159	0,0485	0,0219	0,0194	0,01	0,0062	0,1909*	0,3015*	0,0749	0,0101	0,0159	0,0024
<b>D (cm)</b>	$y = 0,3015x + 11,652$	-	0,6399*	0,6601*	0,0419	0,5718*	0,0094	0,0006	0,0049	0,0041	0,3365*	0,0078	0,6264*
<b>AT (m)</b>	$y = 0,16x + 3,4656$	$y = 0,2431x + 1,2955$	-	0,6291*	0,0898	0,6236*	0,0014	0,0007	0,0069	0,0023	0,1546*	0,0402	0,6173*
<b>AC (m<sup>2</sup>)</b>	$y = 0,8131x + 6,4493$	$y = 1,87x - 13,435$	$y = 6,0072x - 15,5$	-	0,0853	0,8823*	0,0122	0,0024	0,0001	0,002	0,0678	0,1039	0,8124*
<b>AIR (m)</b>	$y = -0,0236x + 1,2785$	$y = 0,0145x + 0,8954$	$y = 0,07x + 0,7699$	$y = 0,009x + 0,984$	-	0,0298	0,0268	0,0854	0,0484	0,0023	0,1546*	0,0623	0,0363
<b>VOL (m<sup>3</sup>)</b>	$y = 3,7084x + 15,518$	$y = 11,717x - 119,67$	$y = 40,264x - 144,91$	$y = 6,3239x - 36,224$	$y = 37,694x + 2,4733$	-	0,001	0,0065	0,0002	0,0058	0,0879	0,0744	0,9580*
<b>AF (mm<sup>2</sup>)</b>	$y = -297,85x + 12044$	$y = 153,2x + 7629,3$	$y = 193,74x + 8859,2$	$y = 76,025x + 8804,7$	$y = 3648,3x + 5761,3$	$y = -3,2262x + 9909,1$	-	0,7211*	0,0005	0,7485*	0,0183	0,0001	0,0022
<b>MS (mg)</b>	$y = -288,42x + 3872,5$	$y = -6,8907x + 1764$	$y = -24,025x + 1780,5$	$y = 5,8308x + 1594$	$y = 1137,1x + 419,13$	$y = -1,4388x + 1730,9$	$y = 0,1484x + 218,63$	-	0,038	0,7885*	0,0019	0,0194	0,0074
<b>Água (%)</b>	$y = 1,6061x + 46,072$	$y = 0,086x + 57,149$	$y = -0,3348x + 59,918$	$y = -0,0048x + 58,41$	$y = -3,7938x + 62,515$	$y = -0,0012x + 58,403$	$y = 2E-05x + 58,188$	$y = -0,0009x + 59,79$	-	0,0242	0,0015	0,0917	0,0008
<b>Água (mg)</b>	$y = -252,3x + 4290,8$	$y = 24,632x + 2018,4$	$y = -61,045x + 2648,4$	$y = 7,4055x + 2268,4$	$y = -61,045x + 2648,4$	$y = -1,9011x + 2445,6$	$y = 0,2112x + 299,71$	$y = 1,2404x + 293,45$	$y = 48,986x - 496,12$	-	0,0122	0,0014	0,0042
<b>SUB (cm)</b>	$y = -0,0162x + 0,7032$	$y = 0,039x + 0,0344$	$y = 0,0871x + 0,171$	$y = 0,0076x + 0,483$	$y = 0,0871x + 0,171$	$y = 0,0013x + 0,5229$	$y = 6E-06x + 0,5231$	$y = 1E-05x + 0,5618$	$y = -0,0021x + 0,7019$	$y = 2E-05x + 0,5339$	-	0,0449	0,1246*
<b>DM (g/cm<sup>3</sup>)</b>	$y = -0,0089x + 0,7092$	$y = 0,0026x + 0,6046$	$y = 0,0195x + 0,5494$	$y = 0,0041x + 0,5884$	$y = 0,1041x + 0,5267$	$y = 0,0005x + 0,6181$	$y = -6E-08x + 0,6415$	$y = 1E-05x + 0,616$	$y = -0,0073x + 1,0683$	$y = 3E-06x + 0,6342$	$y = -0,0932x + 0,6949$	-	0,0755
<b>BM (kg)</b>	$y = 2,2682x + 38,807$	$y = 15,248x - 156,68$	$y = 49,811x - 177,39$	$y = 7,5449x - 39,408$	$y = 51,672x - 0,5972$	$y = 1,217x + 2,7631$	$y = -0,0006x + 61,743$	$y = -0,006x + 66,129$	$y = -0,4547x + 82,675$	$y = -0,0032x + 63,755$	$y = 101,05x - 2,4021$	$y = 178,85x - 58,484$	-

## Anexo 5: Valores dos autovetores dos eixos da PCA.

Variáveis/Eixos	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8
AFEsp (mm <sup>2</sup> /mg)	-0,31732	0,41863	0,20127	0,37814	0,26306	-0,61013	-0,071	0,30669
Volume da Copa (m <sup>3</sup> )	0,31578	0,54038	-0,19483	0,12699	-0,40802	-0,07071	0,61227	-0,08855
Área foliar (mm <sup>2</sup> )	0,46153	-0,08429	0,49397	0,27124	0,057226	-0,23676	-0,14142	-0,61885
Massa Seca (mg)	0,52791	-0,26845	0,30545	0,20103	-0,0672	0,081835	0,086763	0,70484
Água (%)	-0,269	0,32536	0,45976	0,28209	0,11957	0,71131	0,095808	-0,03728
Súber (cm)	0,22689	0,24399	0,22669	-0,65555	0,57924	-0,04299	0,26252	0,039624
Densidade Madeira média (g/cm <sup>3</sup> )	0,21832	-0,09289	-0,52796	0,46054	0,63612	0,15436	0,13669	-0,07556
Biomassa (kg)	0,3693	0,52873	-0,2067	-0,07404	-0,04538	0,1684	-0,70412	0,098259