

Influência de fatores ambientais e histórico de fogo sobre
a estrutura, diversidade e composição de comunidades
vegetais de fisionomias campestres de Cerrado

Resumo

O Cerrado é a mais rica entre as savanas do mundo e, também, a mais ameaçada. Os fatores que determinam a composição e a estrutura da comunidade vegetal em fisionomias dominadas pelo componente arbóreo são relativamente conhecidos, envolvendo relações complexas entre condições climáticas, edáficas e regime de distúrbio. Porém, não há evidências de que a influência desses fatores seja igualmente determinante da composição florística e estrutura no caso das fisionomias campestres do Cerrado. O objetivo geral da pesquisa proposta é investigar a influência relativa dos fatores que estão moldando as fisionomias campestres do Cerrado (cobertura arbórea inferior a 20%, em terrenos secos). Esperamos que diferentes condições edáficas, climáticas e/ou ao histórico de fogo irão resultar em padrões distintos de estrutura, diversidade, composição florística e funcional. O estudo será realizado em remanescentes naturais de fisionomias campestres de Cerrado no estado de São Paulo e estados vizinhos (PR, MS, MG). Em cada área de estudo será realizado o levantamento florístico, a caracterização funcional das espécies, a caracterização estrutural e coletada a biomassa da comunidade. Serão investigados fatores edáficos (tipo de solo, textura, composição química e profundidade), fatores climáticos (precipitação pluviométrica anual, duração da estação seca, evapotranspiração potencial, déficit hídrico acumulado, temperatura média, máxima e mínima anual) e histórico de fogo (número de queimas desde 1985 e intervalo de tempo desde a última queimada). A compreensão dessas relações trará importante contribuição para o avanço da ecologia dos campos e poderá dar suporte para políticas públicas relacionadas à legislação ambiental, com a criação de áreas protegidas que sejam representativas e que protejam hotspots de biodiversidade campestre e, também, para a restauração desses tipos de vegetação em áreas degradadas.

Palavras-chave: fogo; fatores condicionantes; estruturas subterrâneas; fisionomias campestres de Cerrado; padrões florísticos.

Equipe executora

Giselda Durigan – Instituto Florestal do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Floresta Estadual de Assis.

Bruna Helena de Campos – Programa de Pós Graduação em Ecologia – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

Natashi Aparecida de Lima Pilon - Programa de Pós Graduação em Ecologia – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

Lucas Gonçalves

Objetivo

O objetivo geral da pesquisa proposta é investigar a influência relativa dos fatores que estão moldando as fisionomias campestres do Cerrado. Esperamos que diferentes condições edáficas, climáticas e/ou ao histórico de fogo irão resultar em padrões distintos de estrutura, diversidade, composição florística e funcional.

Revisão Bibliográfica e Justificativa

As formações savânicas são caracterizadas pela presença de árvores e arbustos esparsos distribuídos em uma camada contínua de gramíneas (Sankaran *et al.* 2005, Lloyd *et al.* 2008). Essas formações constituem aproximadamente 20% da superfície terrestre global (Scholes e Archer 1997) e são consideradas de grande importância ambiental, econômica e cultural. Além disso, serviços ecossistêmicos como a manutenção e provisão de recursos hídricos, abrigo para fauna silvestre e polinizadores e armazenamento de carbono são frequentemente atribuídos a esse tipo de vegetação (Scholes e Archer 1997, Werf *et al.* 2010).

Apesar de sua importância, estudos sobre a estrutura, funcionamento e conservação de formações savânicas e campestres são raros, claramente negligenciados se comparados aos estudos realizados em sistemas florestais (Bond 2008, Parr *et al.* 2014, Murphy *et al.* 2016). Esses ecossistemas vêm sendo submetidos a fortes ações antrópicas, como a expansão da agropecuária, invasões biológicas e a supressão de distúrbios naturais (Ratter *et al.* 1997, Klink e Machado 2005, Durigan e Ratter 2006, Strassburg *et al.* 2017). Porém, apesar da elevada biodiversidade e das ameaças a que esse tipo de vegetação está

submetido, o reconhecimento da sua importância para a conservação da biodiversidade Neotropical é muito recente (Parr *et al.* 2014, Overbeck *et al.* 2015, Murphy *et al.* 2016).

Os fatores que determinam a composição e a estrutura da comunidade vegetal em fisionomias dominadas pelo componente arbóreo são relativamente conhecidos, envolvendo relações complexas entre condições climáticas, edáficas e regime de distúrbio (Staver *et al.* 2011). Apesar de não haver consenso sobre qual fator seria mais influente, o reconhecimento de que a variação de fisionomia é dependente da integração destes processos vem crescendo (Sankaran *et al.* 2004, 2005, 2008, Bucini & Hanan 2007, Staver 2017, 2018). Porém, não há evidências de que a influência desses fatores seja igualmente determinante da composição florística e estrutura no caso das fisionomias campestres do Cerrado.

Os fatores bióticos e abióticos frequentemente interagem determinando a dinâmica e o funcionamento do ecossistema (Chase *et al.* 2000). A diversidade de condições de solo tem papel fundamental na heterogeneidade dos habitats e tem sido reportada como um importante fator influenciando a composição e a diversidade da vegetação de cerrado (Reatto *et al.* 2008, Franco *et al.* 2014, Baldeck *et al.* 2013, Guerra *et al.* 2013). Nesse sentido, há uma considerável variação nos atributos das raízes entre as espécies, sendo estes altamente plásticos, permitindo que as plantas se adaptem a gradientes de disponibilidade de água e de nutrientes no solo (Hodge 2004, Chapman *et al.* 2012). Comparações entre os solos das diferentes fisionomias são relativamente comuns na literatura (Ruggiero *et al.* 2002, Toppa 2004, Ruggiero e Pivello 2005, Assis *et al.* 2011, Maracahipes *et al.* 2016), no entanto, estudos que busquem elucidar as relações entre a composição florística e as propriedades dos solos em vegetação campestre são inexistentes.

Além do solo, a frequência de fogo pode ter alto impacto na estrutura das fisionomias campestres (Moreira e Klink 2000, Higgins *et al.* 2007), permitindo que o componente lenhoso não se estabeleça ou não se desenvolva nessas áreas, mantendo a fisionomia mais aberta (Coutinho 1982, Hoffmann *et al.* 1998, Durigan e Ratter 2006, Ratajczak *et al.* 2014). O solo e o fogo podem atuar como filtros ambientais (Guerra *et al.* 2013) selecionando espécies que podem persistir no ambiente baseado em sua tolerância a esses fatores abióticos (Weiher e Keddy 1995). Como consequência, é esperado que estas espécies se estabeleçam em nichos semelhantes, ou seja, que em cada local existam espécies que compartilhem de atributos funcionais similares, sejam eles morfológicos ou fisiológicos (Chase 2003, Fukami *et al.* 2005)

Além da falta de atenção ao papel conjunto da frequência de fogo e das propriedades do solo influenciando as fisionomias campestres de cerrado (Silva e Batalha

2008), os levantamentos florísticos e fitossociológicos dessas formações também apresentam limitações que dificultam sua generalização. Levantamentos sobre as fisionomias campestres do Cerrado e seu estrato herbáceo-arbustivo são pouco comuns (Tannus e Assis 2004, Meira-Neto *et al.* 2007, Munhoz e Felfili 2007, Santos e Munhoz 2012, Pilon *et al.* 2017), sendo frequentemente voltados apenas para o componente lenhoso da vegetação (Walter *et al.* 2015). Quanto ao solo, o único banco de dados quantitativos em escala global, disponível pela ONU *Food and Agriculture Organization* – FAO (Fischer *et al.* 2008), apresenta resolução máxima de dez quilômetros, limitando seu potencial de uso para escalas locais. Por conta da lacuna dos levantamentos florísticos, da baixa resolução dos dados globais de solo, estudos para detectar a influência local dos fatores edáficos na composição, diversidade e estrutura de fisionomias campestres são limitados (Lehmann *et al.* 2014).

A compreensão das relações entre os fatores edáficos, frequência de fogo e a composição e diversidade das comunidades vegetais de fisionomias campestres do Cerrado trará importante contribuição para o avanço da ecologia dos campos. Além disso, poderá dar suporte para políticas públicas relacionadas à legislação ambiental, com a criação de áreas protegidas que sejam representativas e que protejam *hotspots* de biodiversidade campestre e, também, para a restauração desses tipos de vegetação em áreas degradadas.

Material e métodos

1. Áreas de estudo

O estudo será realizado em remanescentes naturais que preservam fisionomias campestres de Cerrado no estado de São Paulo e estados vizinhos (PR, MS e MG). Será dada prioridade aos remanescentes localizados no interior de unidades de conservação, mas áreas adjacentes ou fragmentos grandes com vegetação bem preservada deverão ser incluídos na amostragem. Não serão incluídos neste estudo os campos localizados em áreas úmidas, nos quais os efeitos das propriedades do solo são secundários, em relação ao efeito da saturação hídrica.

Serão estabelecidas como áreas focais para o desenvolvimento da pesquisa as áreas listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização das áreas focais do estudo no Estado de São Paulo, Brasil. Lat/Long: Latitude e longitude; Prec: precipitação pluviométrica anual; ETP: evapotranspiração potencial; DefH: Deficiência hídrica.

Município	Local	Lat/Long	Área (ha)	Fitosionomias	Instituição gestora	Caracterização dos solos
Pedregulho	Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus	20°11'50" S - 47°25'10" W ¹	2069 ¹	Fisionomias campestres de Cerrado, Mata Atlântica	Fundação Florestal	Arenosos ou areno-pedregosos ¹
Itirapina e Brotas	Estação Ecológica e Experimental de Itirapina	22° 11' a 22° 15' S – 47° 51'e 48° 00' W e 22° 15'a 22° 15' S - 47° 45'e 47° 51' W ²	5512 ²	Campo cerrado, campo sujo, campo limpo ²	Instituto Florestal	Solos arenosos, baixa fertilidade, alta suscetibilidade à erosão ²
Águas de Santa Bárbara	Estação Ecológica de Santa Bárbara	22°46'30" a 22°50'30" S e 49°10'30" a 49°15'30" W ³	2712 ³	Campo úmido e campo cerrado ³	Instituto Florestal	Solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade, profundos ³
Botucatu	Horto Florestal de Botucatu	22°55'55" e 22°56'39" S 48°27'19" e 48°27'33" W ⁴	33 ⁴	Campo úmido e campo cerrado ⁴	Instituto Florestal	Latossolos distróficos de textura média, profundos e bem drenados
Itararé	Estação Experimental de Itararé	24°15' S e 49°15' W	2300	Campo cerrado	Instituto Florestal	Cambissolos de textura média, bem drenados e de baixa fertilidade ⁵
Franco da Rocha e Caieiras	Parque Estadual do Juquery	23° 20' a 23° 22' S 46° 40' a 46° 43' W ⁶	2058 ⁶	Campo cerrado	Fundação Florestal	Argilosos, de profundidade variável, às vezes pedregosos
Itu	Morro do Cavalo Morto	23°22'24.50"S 47°11'49.71"W	130	Campo cerrado		Predominantemente argilosos

São Paulo	Parque Estadual do Jaraguá	23°27'30" S 46°45'55" W ⁷	492	Fisionomias campestres de Cerrado e Mata Atlântica	Fundação Florestal	Predominantemente argilosos ⁷
Três Lagoas -MS	Parque Natural Municipal do Pombo	20° 20' 14.90" S 52° 35' 22.43" W ¹¹	3300	Fisionomias campestres de Cerrado ⁸		
Jaguariaíva - PR	Parque Estadual do Cerrado	24°10' a 24°14' S 49°39' a 49°43' W	427 ⁹	Fisionomias campestres de Cerrado	Instituto Ambiental do Paraná	Latossolo de textura média à argilosa ⁹
Tibagi - PR	Parque Estadual do Guartelá	24°39'10"S 50°15'25"W	799 ¹⁰	Fisionomias campestres de Cerrado	Instituto Ambiental do Paraná	Cambissolo e Litossolo, predominantemente arenosos ¹⁰
Delfinópolis, São Roque de Minas e Sacramento -MG	Parque Nacional da Serra da Canastra	20°00' a 20°30' S 46°15' a 47°00' W ¹⁶	71525 ¹¹	Fisionomias campestres de Cerrado, cerradão	ICMBIO	Latossolos e Cambissolos, predominantemente argilosos ¹²

¹ Sasaki e Mello-Silva 2008, ² Zanchetta 2006; ³ Melo e Durigan 2009, ⁴ Pilon *et al.* 2017, ⁵ Oliveira *et al.* 1976, ⁶ Antonucci 2015, ⁷ Souza et al. 2009, ⁸ Neto 2018, ⁹ Lisingen *et al.* 2006, ¹⁰ Carmo *et al.* 2012, ¹¹ Romero e Nakajima 1999, ¹² IBDF 1981.

2. *Coleta de dados*

Dentro de cada uma das áreas focais mencionadas, serão identificadas manchas de vegetação campestre de Cerrado em condições de solo visivelmente distintas. Para cada mancha, serão obtidas as coordenadas geográficas e a altitude por meio de GPS. Em cada uma dessas manchas (doravante denominadas “sítios”) será realizado levantamento florístico, amostragem da comunidade vegetal e do solo e reconstrução do histórico de fogo, seguindo os métodos descritos a seguir.

2.1. *Caracterização da vegetação das áreas de estudo*

As áreas de estudo serão caracterizadas quanto à fitofisionomia seguindo o método de interceptação de linhas (Canfield 1941) que classifica a vegetação com base na cobertura arbórea (porcentagem de cobertura do terreno pelas copas de árvores).

2.2. *Levantamento florístico e caracterização funcional das espécies*

Para o levantamento florístico em cada um dos sítios será utilizado o método de “Levantamento rápido”, que consiste na realização de pelo menos três caminhadas em linha reta na vegetação, anotando durante intervalos de tempo regulares as espécies inéditas que vão sendo visualizadas (Walter e Guarino 2006). A amostragem cessará quando, em dois intervalos consecutivos de 15 minutos, forem adicionadas menos de cinco espécies. A identificação em campo será realizada sempre que possível, porém será realizada coleta de material botânico para identificação posterior (com base na literatura, comparação com material de herbário e consulta a especialistas) e também para depósito de testemunhos no Herbário da Universidade Estadual de Campinas (UEC). A caracterização funcional das espécies será feita com base na literatura, compreendendo o hábito (gramínea, ciperácea, erva não graminóide, subarbusto, palmeira, trepadeira, arbusto), o modo de propagação predominante (sexuada ou não) e o tipo de estrutura subterrânea (xilopódio, bulbo, rizoma, raiz gemífera, raiz tuberosa, rizóforo) (Durigan *et al.* 2004, Mendonça *et al.* 2008, Appezzato-da-Glória *et al.* 2008, Appezzato-da-Glória 2015, Pausas *et al.* 2018).

2.3. *Caracterização da comunidade vegetal*

Em cada um dos sítios, serão aleatoriamente distribuídas 30 parcelas de 1 m² para amostragem da comunidade vegetal. Em cada parcela, todas as espécies serão identificadas e contabilizadas. Será estimada a cobertura por espécie (porcentagem da parcela ocupada

por cada espécie), cobertura vegetal total e de solo exposto segundo o método proposto por Wikum & Shanholtzer (1978). Serão sorteadas cinco das 30 parcelas para coleta de biomassa. A coleta será feita através de um molde de 50 cm x 50 cm, a amostra úmida será pesada e após isso extrairemos uma sub amostra de 1 dm³, que será pesada, transportada até o laboratório, será disposta em sacos de papel identificados e mantidos em estufa à 70° C para determinação do peso seco.

2.4. Caracterização dos solos

Para caracterização química e granulométrica, será amostrada a camada superficial do solo, que é onde ocorre o estabelecimento de plântulas, de modo que os filtros que podem atuar impedindo a ocorrência de determinada espécie devem atuar especialmente nesta camada do solo. Em cada sítio, serão utilizadas as mesmas cinco parcelas da coleta de biomassa para coleta de amostras da camada superficial do solo (0-20 cm), com o uso de um trado de caneca. As cinco amostras serão misturadas e homogeneizadas, para a obtenção de uma amostra composta representativa do sítio. Para cada amostra composta, serão determinados o pH (CaCl₂), fósforo disponível, alumínio trocável (Al⁺³), acidez potencial (H + Al), potássio, cálcio, magnésio, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de bases (V%) e os micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco. As análises granulométricas consistirão na quantificação das proporções de argila, silte, areia grossa e areia fina. As análises de solo serão realizadas segundo os protocolos propostos por Raij *et al.* (1997).

O solo de cada sítio será caracterizado, adicionalmente, quanto à possibilidade de penetração das raízes, categoricamente, em: (a) sem restrições; (b) com restrição por substrato rochoso. Para esta categorização, quando necessário, será utilizado um trado holandês, perfurando-se até 1 m de profundidade.

2.5. Caracterização do clima das áreas de estudo

Será utilizado o Banco de Dados Climáticos do Brasil para obtenção da precipitação pluviométrica anual, duração da estação seca, evapotranspiração potencial, déficit hídrico acumulado, temperatura média, máxima e mínima anual. Quando a cidade da área de estudo não estiver disponível no banco de dados, serão considerados os dados para a cidade mais próxima.

2.6. Histórico da frequência de fogo das áreas

Para reconstruir o histórico de fogo e obter o número de queimas e o intervalo de tempo desde a última queimada desde 1985 das áreas estudadas, serão utilizados os registros existentes do Landsat 5 *Thematic Mapper* (TM), Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) e Landsat 8 *Operational Land Imager* (OLI) desde 1985. As imagens serão obtidas a partir do banco de dados do *Earth Explorer* do USGS (*United States Geological Survey*). Todas as imagens serão baixadas como CDR (*Landsat Climate Data Record*) e convertidas de acordo com o Sistema Geográfico de Coordenadas (UTM).

Referências

- Ab'Saber, AN (1971) Organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In *III (Ie Terceiro) Simposio sobre o Cerrado*.
- Anderson MJ (2001) A new method for non parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol* **26**:32–46.
- Anderson MJ (2017) Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA). Wiley StatsRef Stat Ref Online 1–15.
- Antonucci MC (2015) *Levantamento fitossociológico de uma pequena área de cerrado sensu lato do Parque Estadual do Juquery, Franco da Rocha, SP*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.
- Appezato-da-Glória B (2015) Morfologia de Sistemas Subterrâneos de Plantas. Ed. 3. Belo Horizonte: 3i Editora, 160 p.
- Appezato-da-Glória B, Cury G, Soares MKM, Rocha R, Hayashi AH (2008) Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado 1. *J Torrey Bot Soc* **135**:103-113.
- Assis ACC, Coelho RM, da Pinheiro ES, Durigan G (2011) Water availability determines physiognomic gradient in an area of low-fertility soils under Cerrado vegetation. *Plant Ecol* **212**:1135–1147.
- Baldeck CA, Harms KE, Yavitt JB, et al. (2013) Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forests. *P Roy Soc Edinb B* **280**:20122532.
- Bardgett RD, Mommer L, De Vries FT (2014) Going underground: Root traits as drivers of ecosystem processes. *Trends Ecol Evol* **29**(12), 692–699.

- Bardgett, RD, De Vries FT, van der Putten WH (2017) Soil Biodiversity and ecosystem functioning. In: Microbial biomass: a paradigm shift in terrestrial biogeochemistry, 119–140.
- Bond WJ (2008) What limits trees in C₄ grasslands and savannas? *Annu Rev Ecol Evol Syst* **39**:641–659.
- Borcard D, Gillet F, Legendre P (2011) *Numerical Ecology with R*. Springer New York Dordrecht Heidelberg.
- Bucini G, Hanan NP (2007) A continental-scale analysis of tree cover in African savannas. *Global Ecol Biogeogr* **16**:593–605
- Carmo MRB, Andrade ALP, Santos GASD, Assis MA (2012) Análise estrutural em relictos de Cerrado no Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná, Brasil. *Ciência Florestal* **22**:505–517.
- Chapman N, Miller AJ, Lindsey K, Whalley WR (2012) Roots, water, and nutrient acquisition: Let's get physical. *Trends Plant Sci* **17**:701–710.
- Chase JM (2003) Community assembly: when should history matter? *Oecol* **136**:489–498.
- Coutinho LM (1982) Ecological effects of fire in Brazilian cerrado. In: Huntley BJ, Walker BH (eds) Ecology of tropical savannas. Springer, Berlin Heidelberg New York, 273–291.
- Dufrene M, Legendre P, Monographs SE, Aug N (1997) Species Assemblages and Indicator Species : The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecol monograph* **67**:345–366.
- Durigan G, Baitello JB, Franco GADC, Siqueira MF (2004) Plantas do cerrado paulista. Imagens de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica.
- Durigan G, Ratter JA (2006) Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962–2000. *Edinburgh J Bot* **63**:119–130.
- Fischer GF, Nachtergaele S, Prieler HT, van Velthuisen L, Verelst D, Wiberg (2008). Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008). IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy.
- Fornara DA, Tilman D (2008). Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *J Ecol* **96**:314–322.
- Forzza RC, Baumgratz JFA, Bicudo CEM, Canhos D, Carvalho Jr AA, *et al.* (2012) New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. *BioScience* **62**: 39–45.
- Franco AC, Rossatto DR, Silva LCR, Silva CF (2014) Cerrado vegetation and global change: the role of functional types, resource availability and disturbance in regulating plant community responses to rising CO₂ levels and climate warming. *Theor Exp Plant Physiol* **26**:19–38.
- Fukami T (2005) Species divergence and trait convergence in experimental plant community assembly. *Ecol Lett* **8**:1283–1290.

- Furley PA, Ratter JA (1988) Soil resources and plant communities the central Brazilian cerrado and their development. *J Biogeogr* **15**:97–108.
- Guerra TNF, Rodal MJN, Silva ACBL, et al. (2013) Influence of edge and topography on the vegetation in an Atlantic Forest remnant in northeastern. *Brazil J For Res* **18**:200-208
- Haridasan M (2000) Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Rev Bras Fisiol Veg* **12**:54-64.
- Haridasan M (2008) Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. *Braz J Plant Physiol* **20**:183–195.
- Higgins SI, Bond WJ, February EC, Bronn A, Euston-Brown DIW, et al. 2007. Effects of four decades of fire manipulation on woody vegetation structure in savanna. *Ecology* **88**:1119–25
- Hodge A (2004) The plastic plant: Root responses to heterogeneous supplies of nutrients. *New Phytol* **162**:9–24.
- Hoffmann WA (1998) Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: The relative importance of sexual and vegetative reproduction. *J Appl Ecol* **35**(3), 422–433.
- Hoffmann WA, Moreira AG (2002) The role of fire in population dynamics of woody plants. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York, pp 159-177.
- IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (1981) Plano de manejo. Parque Nacional da Serra da Canastra. IBDF, Brasília.
- Isbell F, Craven D, Connolly J et al. (2015) Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature* **526**:574–577.
- Isbell F, Adler PR, Eisenhauer N, Fornara D, Kimmel K, Kremen C (2017) Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *J Ecol* **105**:871–879.
- Jongman RHG, Braak CJF, Tongeren OFR (1995) Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University, Cambridge
- Klink CA, Moreira AG (2002). Past and current human occupation, and land use. *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press, New York, pp 69-88.
- Klink CA, Machado RB (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv Biol* **19**:707–713.
- Lehmann CER, Anderson TM, Sankaran M, et al. (2014) Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. *Science* **343**:548–552.
- Linsingen LV, Sonehara JdS, Uhlmann A, Cervi A (2006) Composição florística do parque estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, Brasil. *Acta Biol Par* **35** (3-4): 197-232.

- Lloyd JON, Bird MI, Vellen L, et al (2008) Contributions of woody and herbaceous vegetation to tropical savanna ecosystem productivity: a quasi-global estimate †. *Tree Physiol* **28**: 451–468.
- Maracahipes-Santos L, Lenza E, Santos JO, et al. (2017) Effects of soil and space on the woody species composition and vegetation structure of three Cerrado phytophysionomies in the Cerrado-Amazon transition. *Braz J Biol* **77**:830–839.
- Marimon Junior BH, Haridasan M (2005) Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Bot Bras* **19**:913–926.
- Meira-Neto JAA, Martins FR, Valente GE (2007) Composição florística e espectro biológico na Estação Ecológica de Santa Bárbara, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Árvore* **31**:907-922.
- Melo ACG, Durigan G (2009) Plano de manejo da Estação Ecológica de Santa Bárbara (Resumo Executivo). São Paulo: Instituto Florestal.
- Mendonça RC, Felfili JM, Walter BMT, Silva-Júnior MC, Rezende AV, Filgueiras TS, Nogueira PE, Fagg CW (2008) Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (Orgs.) Cerrado: ecologia e flora. Vol. 2. Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, 421-1279.
- Munhoz CBR, Felfili JM (2007) Florística do estrato herbáceo-subarbusivo de um campo limpo úmido em Brasília, Brasil. *Biota Neotrop* **7**:205-215.
- Murphy BP, Andersen AN, Parr CL (2016) The underestimated biodiversity of tropical grassy biomes. *Philos Trans R Soc B* **371**: 20150319.
- Neto MJ (2018) Levantamento florístico do parque natural municipal do pombo, município de três lagoas-MS. *Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA* **7**: 41-58.
- Oliveira JBDE, Valadares JMAS, Rotta CL (1976) Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Itararé, SP. *Bragantia* **35**:295-333.
- Oliveira-Filho AT, Ratter JA (2002). Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*, 91-120.
- Overbeck GE, Muller SC, Fidelis A (2007) Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspect Plant Ecol* **9**: 101-116.
- Parr CL, Lehmann CER, Bond WJ, et al. (2014) Tropical grassy biomes: Misunderstood, neglected, and under threat. *Trends Ecol Evol* **29**:205–213.
- Pausas JG, Lamont BB, Paula S, et al (2018) Unearthing belowground bud banks in fire-prone ecosystems. *New Phytol* **217**:1435–1448.
- Pilon NAL, Cava MGB, Nalon MA, Zimback L, Durigan G (2017) Riqueza, relevância e estratégias para a conservação de fisionomias campestres do cerrado no horto florestal de Botucatu, SP, Brasil. *Rev Inst Flor* **9**:19-37.

- Raij BV, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (1997) Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2ª ed. Instituto Agronômico, Campinas, SP (Boletim Técnico, 100)
- Ratajczak Z, Nippert JB, Briggs JM, Blair JM (2014) Fire dynamics distinguish grasslands, shrublands and woodlands as alternative attractors in the central great plains of North America. *J Ecol*, **102**(6), 1374–1385.
- Ratter JA, Ribeiro JF, Bridgewater S (1997) The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann Bot* **80**:223–230.
- Reatto A, Correia JR, Spera ST (2008) Solos do Bioma do Cerrado: aspectos pedológicos. In Cerrado: ecologia e flora (SM Sano, SP Almeida, JF Ribeiro, eds.). Embrapa-CPAC, Planaltina, p.107-149.
- Rizzini CT (1979) Tratado de fitogeografia do Brasil: Aspectos Sociológicos e Florísticos. Vol 2. São Paulo, Edusp.
- Romero R, Nakajima JN (1999) Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. *Rev Bras Bot* **22**:259-265.
- Rossatto DR, Silva LCR, Villalobos-Vega R, Sternberg LSL, Franco AC (2012) Depth of water uptake in woody plants relates to groundwater level and vegetation structure along a topographic gradient in a neotropical savanna. *Environ Exp Bot* **77**:259–266.
- Ruggiero PGC, Batalha MA, Pivello VR (2002) Soil- vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecol* **160**:1–16.
- Ruggiero PGC, Pivello R (2005) As relações entre a vegetação e o meio físico do Cerrado Pé-de-Gigante - O solo e a comunidade vegetal. O Cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual Vassununga,SP) - *Ecol e Conserv* 117–132.
- Ryan MG, Law BE (2005) Interpreting, measuring, and modeling soil respiration. *Biogeochemistry* **73**:3–27.
- Sankaran M, Ratnam J, Hanan NP (2004) Tree grass coexistence in savannas revisited—insights from an examination of assumptions and mechanisms invoked in existing models. *Ecol Letters* **7**:480–490.
- Sankaran M, Hanan NP, Scholes RJ, et al (2005) Determinants of woody cover in African savannas. *Nature* **438**:846–849.
- Sankaran M, Ratnam J, Hanan N (2008) Woody cover in African savannas: the role of resources, fire and herbivory. *Glob Ecol Biogeogr* **17**: 236–245.
- Santos FFM, Munhoz CBR (2012) Diversidade de espécies herbáceo-arbustivas e zonação florística em uma vereda no Distrito Federal. *Heringeriana* **6**:21-27.
- Sasaki D, Mello-Silva R de (2008) Levantamento florístico no cerrado de Pedregulho, SP, Brasil. *Acta Bot Bras* **22**:187–202.

- Sentelhas PC, Marin FR, Ferreira AS, Sá EJS (2003) Banco de dados climáticos do Brasil. *Veja* <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br> (em 30 de julho de 2018).
- Scholes RJ, Archer SR (1997) Tree-Grass Interactions in Savannas. *Annu Rev Ecol Syst* **28**:517–544.
- Silva DM, Batalha MA (2008) Soil-vegetation relationships in cerrados under different fire frequencies. *Plant Soil* **311**(1–2): 87–96.
- Souza FM, Souza RC, Esteves R, Franco GADC (2009) Flora arbustivo-arbórea do Parque Estadual do Jaraguá, São Paulo - SP. *Biota Neotrop* **9**(2).
- Staver AC, Archibald S, Levin SA (2011) The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states. *Science* **334**:230–232.
- Staver AC, Botha J, Hedin L (2017) Soils and fire jointly determine vegetation structure in an African savanna. *New Phytol* **216**: 1151–1160.
- Staver AC (2018) Prediction and scale in savanna ecosystems. *New Phytol* **219**(1), 52–57.
- Strassburg BBN, Brooks T, Feltran-Barbieri R, et al (2017) Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nat Ecol Evol* **1**:1–3.
- Tannus JL, Assis MA (2004) Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina–SP, Brasil. *Rev Bras Bot* **27**: 489-506.
- Toppa RH (2004) *Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí*, Luiz Antônio, SP.
- De Vries FT, Bardgett RD (2016) Plant community controls on short-term ecosystem nitrogen retention, *New Phytol* **210**:861–874.
- Walter BMT, Guarino ESG (2006) Comparação do método de parcelas com o ‘levantamento rápido’ para amostragem da vegetação arbórea do Cerrado sentido restrito. *Acta Bot Bras* **20**: 285–297.
- Walter BMT *et al.* (2015) Fitofisionomias do Cerrado: classificação, métodos e amostragens fitossociológicas. In: EISENLOHR, P.V. *et al.*. (Org.). *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos*. Viçosa-MG: Editora UFV, 2015. v. II, p. 183-212.
- Weiher E, Keddy PA (1995) The assembly of experimental wetland plant communities. *Oikos* **73**(3):325-335.
- Werf GR, Randerson JT, Giglio L, *et al.* (2010) Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009). *Atmos Chem Phys* **10**:11707–11735.
- Wikum DA, Shanholtzer GF (1978) Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development studies. *Environ Manag* **2**:323–329.
- Zanchetta D (2006) Plano de manejo integrado das unidades de Itirapina - 1ª revisão. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal.

Cronograma de execução

Atividades	2019			2020			2021			2022		
	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°
Expedições a campo		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Levantamento florístico		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Caracterização funcional das espécies		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Caracterização da comunidade vegetal		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coleta das amostras de solo		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Análise de solo					x	x	x	x	x	x	x	
Identificação do material botânico		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Análise de dados							x	x	x	x	x	
Elaboração do relatório								x	x	x	x	

Origem dos recursos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq