



## Como as interações entre espécies modulam a montagem de comunidades em fisionomias campestres do Cerrado?

Palavras-Chave: cerrado, montagem de comunidades, interações ecológicas, estrato rasteiro.

Autores/as:

Gustavo de Oliveira Lopes (bolsista) [UNICAMP]

Prof./<sup>a</sup> Dr./<sup>a</sup> Natashi A. L. Pilon (orientadora) [UNICAMP]

---

### INTRODUÇÃO:

Savanas e campos são ecossistemas evolutivamente antigos e altamente biodiversos, compostos por um estrato herbáceo-arbustivo dominante formado por graminóides, ervas e arbustos (Ribeiro & Walter, 1998; Veldman, 2015). Nas últimas décadas, estudos avançaram sobre os efeitos de distúrbios naturais como fogo, geada e herbivoria na dinâmica dessas comunidades (Lehmann et al., 2014; Abreu et al., 2021; Pilon et al., 2021), mas pouco se compreende sobre o papel das interações ecológicas entre as próprias espécies do estrato rasteiro. Esse estrato é funcionalmente essencial para o cerrado, influenciando processos como a ciclagem de biomassa e manutenção dos lençóis freáticos (Durigan et al., 2018; Ruggiero et al., 2002), mas ainda é frequentemente negligenciado (Parr, 2014).

Esses ecossistemas tropicais abertos são estruturados por efeitos *bottom-up* (água, solo e nutrientes), e *top-down* (fogo, geada e herbivoria) (Bond, 2008; Lehmann et al., 2011; Tinley, 1982; Ruggiero et al., 2002; Durigan et al., 2018). O fogo, recorrente há milhões de anos no Cerrado, selecionou espécies adaptadas a essa pressão, com atributos que favorecem a rebrota e a resiliência (Keeley et al., 2011; Pausas, 2015; Clarke et al., 2013). Contudo, grande parte do conhecimento ecológico ainda se concentra na influência de lenhosas no filtro biótico, ignorando o papel do estrato rasteiro, que é o mais biodiverso desses ecossistemas (Coutinho, 1990; Simon et al., 2009). Assim, mesmo que o estrato rasteiro desempenhe um papel central na dinâmica dos campos e savanas tropicais, ele tem sido negligenciado, sendo visto como homogêneo ou apenas combustível para o fogo. Há poucos estudos sobre possíveis interações entre as espécies deste estrato que poderiam determinar a montagem dessas comunidades (Pilon et al., 2021). Estudos que buscam entender os filtros bióticos que atuam na composição do estrato mais diverso e abundante dos ecossistemas abertos tropicais são necessários para o avanço da ecologia de savanas tropicais. Portanto, neste estudo buscamos entender como interações entre plantas do estrato rasteiro podem estruturar comunidades vegetais em ecossistemas abertos tropicais.

### MÉTODOS:

**Local de estudo:** Os dados que utilizados neste estudo foram coletados em fisionomia de campo cerrado na Estação Ecológica de Santa Bárbara, município de Águas de Santa Bárbara (EEcSB), entre as coordenadas geográficas 22°46' a 22°41' S e 49°16' a 49°10' W.

**Desenho experimental:** As seis parcelas deste estudo fazem parte de um experimento maior de manejo do fogo (Abreu et al., 2017). Os dados foram coletados em abril de 2015 e as parcelas foram protegidas do fogo por pelo menos 10 anos até o momento da amostragem. As parcelas estão amplamente distribuídas na EEcSB, em áreas de campo cerrado, pelo menos a 400 m de distância uma da outra. Cada parcela possui 20 m × 50 m (0,1 ha), sendo o estrato herbáceo-arbustivo amostrado em 40 subparcelas de 1-m × 1-m, distribuídas sistematicamente dentro de cada parcela. Considerando todas as áreas, amostramos 240 subparcelas de 1-m<sup>2</sup>.

**Coleta de dados:** Todas as plantas foram contabilizadas em cada subparcela, exceto indivíduos lenhosos com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 1 cm. Cada indivíduo foi identificado em nível de espécie no campo ou coletado material para subsequente identificação. Durante a contagem de indivíduos, consideramos cada caule isolado no nível da superfície do solo como um indivíduo (Pilon et al., 2021). Assim, nesta pesquisa utilizamos a riqueza/m<sup>2</sup> e a densidade de indivíduos/m<sup>2</sup>.

**Análises estatísticas:** Para determinar o papel relativo das interações bióticas (associação positiva ou negativa entre as espécies) na determinação da composição das comunidades estudadas, nós ajustamos modelos de abundância multivariados que combinam modelos lineares generalizados para cada espécie, utilizando família binomial negativa, local (parcela) como efeito fixo. A variável local, que corresponde às parcelas de 0,1 ha, será incluída para considerar diferenças em nível de parcela na análise de resíduos. Correlações entre espécies foram diferenciadas em: i) produto de respostas ambientais e outras variações locais (ambas controladas pela variável *local*) ou ii) interações bióticas, onde uma matriz de correlação residual foi utilizada para inferir sobre a interação entre espécies (Hui, 2016). Utilizamos a matriz de “interações bióticas” para os objetivos propostos nesta pesquisa. Para essas análises utilizamos o pacote “*boral*” (Hui, 2016; 2018). A correlação entre espécies foi plotada utilizando o pacote “*corrplot*” (Wei & Simko, 2017). Para interpretar os resultados e as possíveis interações positivas e negativas classificamos as espécies segundo sua forma de crescimento (erva, arbusto, subarbustos, gramíneas e lianas), assim como tipo de estrutura subterrânea (Pilon et al. 2021). Todas as análises foram realizadas no software R, versão 3.5.1 (R Development Core Team, 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

No total avaliamos 288 espécies e analisamos a interação par-a-par entre cada uma delas. O modelo evidencia uma série de possíveis interações, tanto positivas quanto negativas, entre as espécies que compõem o estrato herbáceo-arbustivo de um campo cerrado não submetido ao fogo há pelo menos 10 anos. Aqui apresentamos os resultados apenas das interações que foram significativas ( $p < 0.001$ ) e discutimos com base na forma de crescimento e tipo de estrutura subterrânea. Observa-se que gramíneas de pequeno porte tendem a ser excluídas do sistema quando em competição com gramíneas de maior porte ou com alto potencial de propagação vegetativa, como aquelas dotadas de rizomas longos — a exemplo de *Axonopus pressus*. Além das gramíneas, ervas, arbustos e subarbustos de pequeno porte também são impactados negativamente por essas espécies dominantes. Em contrapartida, espécies lenhosas de maior porte, como *Handroanthus ochraceus* e *Psidium cinereum*, parecem menos suscetíveis à competição imposta pelas gramíneas. A ausência de distúrbios por fogo por mais de uma década resulta em acúmulo significativo de biomassa, o que intensifica o sombreamento e a competição por luz no estrato rasteiro do Cerrado. Adicionalmente, espécies sobolíferas — caracterizadas por rizomas lenhosos — influenciam a distribuição espacial das plantas. Dessa forma, o crescimento clonal via rizomas, sejam herbáceos ou lenhosos, pode impactar

diretamente a estrutura e a montagem das comunidades vegetais, reduzindo a diversidade local e contribuindo para padrões agregados de distribuição das espécies no cerrado.

## CONCLUSÕES:

Os resultados indicam que a dominância de espécies com crescimento clonal por rizomas, associada à ausência prolongada de fogo, pode reduzir a diversidade de espécies no estrato herbáceo-arbustivo do cerrado, promovendo padrões de distribuição agregada e competição assimétrica por recursos, especialmente luz. Esses achados são relevantes para ações de restauração ecológica, pois sugerem que a exclusão do fogo pode favorecer a homogeneização da vegetação e a perda de espécies menos competitivas. Assim, torna-se fundamental compreender se a reintrodução controlada do fogo poderia reorganizar essas interações ecológicas e restaurar processos naturais que sustentam a alta biodiversidade típica do cerrado. Avaliar o papel do fogo como agente de heterogeneidade estrutural e funcional pode oferecer subsídios importantes para estratégias de manejo e conservação em áreas suprimidas do regime de queima.

## BIBLIOGRAFIA:

**Abreu, R.C.; Hoffmann, W.A.; Vasconcelos, H.L.; Pilon, N.A.; Rossatto, D.R.; Durigan, G.** The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. *Science Advances*, v. 3, n. 8, p. e1701284, 2017. DOI: 10.1126/sciadv.1701284.

**Abreu, R.C.R.; Durigan, G.; Melo, A.C.G.; Pilon, N.A.L.; Hoffmann, W.A.** Facilitation by isolated trees triggers woody encroachment and a biome shift at the savanna–forest transition. *Journal of Applied Ecology*, v. 58, p. 2138-2149, 2021. DOI: 10.1111/1365-2664.13994.

**Bond, W.J.** What Limits Trees in C4 Grasslands and Savannas? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 39, p. 641–659, 2008. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173411.

**Clarke, P.J.; Lawes, M.J.; Midgley, J.J.; Lamont, B.B.; Ojeda, F.; Burrows, G.E.; Knox, K.J.E.** Resprouting as a key functional trait: How buds, protection and resources drive persistence after fire. *New Phytologist*, v. 197, p. 19–35, 2013. DOI: 10.1111/nph.12001.

**Coutinho, L.M.** Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: *Fire in the Tropical Biota - Ecosystem Processes and Global Challenges* (ed. J.G. Goldammer), p. 82–105. Springer-Verlag, Berlin: (Ecological Studies, v. 8A), 1990. DOI: 10.1007/978-3-642-75395-4\_6.

**Durigan, G.; Pilon, N.A.L.; Assis, B.G.; Souza, F.M.; Baitello, J.B.** Plantas pequenas do Cerrado: Biodiversidade negligenciada. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2018[M1] .

**Fontenele, H.; Fidelis, A.; Silveira, F.A.O.** Fire has contrasting effects on the survival, growth, and reproduction of Cerrado grasses with differing regenerative strategies. *Applied Vegetation Science*, v. 27, e12775, 2024. DOI: 10.1111/avsc.12775.

**Hui, F. K. C.** *boral – Bayesian ordination and regression analysis of multivariate abundance data in R. Methods in Ecology and Evolution*, 7(6), 744–750, 2016. DOI: 10.1111/2041-210X.12514

- Keeley, J.E.; Pausas, J.G.; Rundel, P.W.; Bond, W.J.; Bradstock, R.A.** Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plant Science*, v. 16, n. 8, p. 406-411, 2011. DOI: 10.1016/j.tplants.2011.04.002.
- Lehmann, C.E.R.; Anderson, T.M.; Sankaran, M.; et al.** Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. *Science*, v. 343, p. 548-552, 2014. DOI: 10.1126/science.1247355.
- Lehmann, C. E. R.; Archibald, S. A.; Hoffmann, W. A.; Bond, W. J.** Deciphering the distribution of the savanna biome. *New Phytologist*, v. 191, n. 1, p. 197–209, 2011. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2011.03689.x
- Pausas, J.G.** Bark thickness and fire regime. *Functional Ecology*, v. 29, n. 3, p. 315-327, 2015. DOI: 10.1111/1365-2435.12372.
- Pausas, J.G., Lamont, B. B., Paula, S., Appezzato-da-Glória, B., & Fidelis, A.** (2018). Unearthing belowground bud banks in fire-prone ecosystems. *New Phytologist*, 217(4), 1435-1448. DOI: 10.1111/nph.14982
- Parr, C.L.; Lehmann, C.E.; Bond, W.J.; Hoffmann, W.A.; Andersen, A.N.** Tropical grassy biomes: misunderstood, neglected, and under threat. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 29, p. 205-213, 2014. DOI: 10.1016/j.tree.2014.02.004.
- Pilon, N.A.L.; Cava, M.G.B.; Hoffmann, W.A.; Abreu, R.C.R.; Fidelis, A.; Durigan, G.** The diversity of post-fire regeneration strategies in the cerrado ground layer. *Journal of Ecology*, v. 109, p. 154–166, 2021. DOI: 10.1111/1365-2745.13456.
- Pilon, N.A.L.; Durigan, G.; Rickenback, J.; et al.** Shade alters savanna grass layer structure and function along a gradient of canopy cover. *Journal of Vegetation Science*, v. 32, p. e12959, 2021. DOI: 10.1111/jvs.12959.
- R Development Core Team.** *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org/>
- Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T.** Fitofisionomias do bioma cerrado. In: *Cerrado: ambiente e flora* (eds Sano S.M. and Almeida S.P.), EMBRAPA-CPAC, pp. 89-166, 1998[M2] .
- Ruggiero, P.G.C.; Batalha, M.A.; Pivello, V.R.; Meirelles, S.T.** Soil–vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, southeastern Brazil. *Plant Ecology*, v. 160, p. 1–16, 2002. DOI: 10.1023/A:1015819219386
- Simon, M.F.; Grether, R.; Queiroz, L.P.; Skema, C.; Pennington, R.T.; Hughes, C.E.** Recent assembly of the cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, p. 20359-20364, 2009. DOI: 10.1073/pnas.0903410106.
- Tinley, K.L.** The influence of soil moisture balance on ecosystem patterns in southern Africa. In: Huntley, B.J.; Walker, B.H. (eds). *Ecology of tropical savannas*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, p. 175–192, 1982. DOI: 10.1007/978-3-642-68786-0\_9
- Veldman, J.W.; Buisson, E.; Durigan, G.; Fernandes, G.W.; Le Stradic, S.; Mahy, G.; Negreiros, D.; Overbeck, G.E.; Veldman, R.; Zaloumis, N.P.; Putz, N.P.; Bond, W.J.** Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 13, p. 154-162, 2015. DOI:10.1890/140270.
- Wei, T., Simko, V., Levy, M., Xie, Y., Jin, Y., & Zemla, J.** *corrplot: Visualization of a Correlation Matrix* (R package version 0.84). *Statistician*, 56(316), e24, 2017. Disponível em: <http://cran.r-project.org/package=corrplot>

