



Queimadas com diferentes intensidades afetam a colonização de ninhos artificiais por formigas de diferentes formas

Filipe Viegas de Arruda (PG)^{1*}, Flávio de Carvalho Camarota (PQ)², Thiago Junqueira Izzo (PQ)³,
Thiago Sousa Tavares(IC)¹, Fabrício Barreto Teresa(PQ)¹. filipeeco@gmail.

¹Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), BR-153, nº 3.105, CEP 75132-903, Anápolis, GO, Brasil.

²Departamento de Botânica e Ecologia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT.

³ The George Washington University, DC, USA

A pirodiversidade, ou seja, os diferentes históricos de queimadas podem prover a heterogeneidade de habitats e consequentemente aumentar a biodiversidade. Porém, pouco se sabe sobre o impacto de queimadas com diferentes intensidades sobre a biodiversidade. Neste estudo, utilizamos formigas do Cerrado para testar se a intensidade das queimadas pode influenciar a colonização de ninhos. Realizamos queimadas com diferentes intensidades em áreas de 200 x 200m e também selecionamos uma área controle de mesmo tamanho. Os tipos de queimadas utilizados foram classificados em 3 categorias: baixa intensidade (queimada contra o vento), de média intensidade (queimada em “L”) e queimada de alta intensidade (queimada circular). Instalamos ninhos artificiais em árvores nas quatro áreas e comparamos o número de espécies de formigas, o número de ninhos colonizados e a composição de espécies entre os diferentes tipos de fogo. Quanto maior a intensidade da queimada menor foi o número de ninhos ocupados e a riqueza de espécies de formigas. Nossos resultados demonstram a intensidade das queimadas influenciam as formigas. Dessa forma, a intensidade do fogo deve ser considerada como fator importante da pirodiversidade do Cerrado, devendo ser levado em consideração no manejo de áreas de preservação.

Palavras-chave: distúrbios, pirodiversidade, hotspot, Cerrado, composição

Introdução

As savanas contribuem com 30% da produção primária terrestre (Grace *et al.*, 2006) e o fogo é um distúrbio importante para estruturação desses ecossistemas (Bowman *et al.*, 2009), e tem sido considerado uma força prevalente na condução da evolução da biota das savanas (Simon *et al.*, 2009). O fogo pode influenciar na fenologia das plantas (Platt, Evans e Davis, 1988; Silvério *et al.*, 2015), e na estruturação das comunidades de plantas (Abreu *et al.*, 2017), mamíferos (Beale *et al.*, 2018; Vieira e Briani, 2013), aves (Beale *et al.*, 2018) e formigas (Andersen, 1991; Costa *et al.*, 2018; Maravalhas e Vasconcelos, 2014). Essas modificações desempenham papéis fundamentais na função e estruturas dos ecossistemas (Langevelde *et al.*, 2003).

Diferentes características podem ser utilizadas para a classificação das queimadas: extensão, intensidade e frequência (Martin e Sapsis, 2012). A teoria da pirodiversidade (Martin e Sapsis, 2012) sugere que queimadas com diferentes características auxiliam na heterogeneidade do habitat e consequentemente favorece a manutenção em altos níveis de diversidade. Tal teoria vem sendo corroborada por estudos (Beale *et al.*, 2018; Maravalhas e Vasconcelos, 2014; Pivello, 2011) e refutada

REALIZAÇÃO



por outros. Consequentemente a supressão total das queimadas pode acarretar na diminuição da heterogeneidade de habitat e consequentemente a diminuição da diversidade (Medeiros e Fiedler, 2011). Apesar dos estudos que demonstram a importância do manejo do fogo, o Brasil vem por décadas utilizando a política do “fogo-zero” (Durigan e Ratter, 2016). Consequentemente a supressão do fogo pode acarretar em grandes incêndios e ter graves consequências (Falleiro, M, 2013). Apesar do atual Código Florestal Brasileiro prevê o manejo de fogo em áreas protegidas e declarar ilegal o uso do fogo em vegetação nativa nesses locais a implementação da lei ainda está em discussão (Gomes, Miranda e Bustamante, 2018).

O manejo do fogo vem sendo utilizados nas savanas de diferentes locais como na Austrália, África e Brasil. No Cerrado algumas áreas de reserva já vêm utilizando o manejo do fogo e essas áreas também vem sendo utilizado para pesquisas (Gomes, Miranda e Bustamante, 2018), em algumas dessas reservas vem sendo implementado o Manejo Integrado do Fogo (MIF) que conta com a participação dos órgãos de fiscalização ambiental, comunidades vizinhas e instituições de pesquisas. Alguns desses programas de manejo já começam a apresentar resultados positivos (Schmidt *et al.*, 2018), o manejo integrado do fogo também vem sendo utilizado para o manejo de terras quilombolas e indígenas (Eloy *et al.*, 2018; Falleiro, 2011; Welch *et al.*, 2013), e a integração dos conhecimentos dos povos tradicionais, somado as pesquisas e o suporte técnico e financeiro dos órgãos de fiscalização pode auxiliar no avanço das práticas utilizadas pelo manejo (Eloy *et al.*, 2018; Schmidt *et al.*, 2018). O número estudos com fogo no Cerrado vem aumentando nos últimos anos, porém a grande maioria desses estudos estão concentrados na vegetação e ainda existe uma grande lacuna nos trabalhos que analisam o efeito do fogo sobre a fauna (Arruda *et al.*, 2018).

As interações ecológicas são extremamente importantes para estruturação das comunidades (Valiente-Banuet *et al.*, 2015), as mesmas são influenciadas por fatores bióticos e abióticos, e podem ser diretamente afetadas por distúrbios antropogênicos como as queimadas (Costa *et al.*, 2018; Paolucci *et al.*, 2016). A maioria das espécies de formigas arborícolas, utilizam as cavidades feitas nas árvores por besouros, com as formigas entrando nas cavidades através do orifício de saída deixado pelo ocupante original. Os locais para nidificação e a disponibilidade de recursos alimentares são fatores limitantes para a colonização de formigas arborícolas (Debout *et al.*, 2007; McGlynn, 2006; Peeters e Molet, 2009; Philpott e Foster, 2005; Powell, 2008, 2009). Distúrbios podem impactar a disponibilidade de recurso alimentar e de locais apropriados para a nidificação e consequentemente reduzir a composição de espécies de uma comunidade (Fagundes *et al.*, 2015; McGlynn, 2006; SHIK e KASPARI, 2010). Entretanto, queimadas de diferentes intensidades podem causar diferentes impactos (Martin e Sapsis, 2012) e consequentemente impactar de diferentes formas a disponibilidade de locais apropriados para nidificação e a colonização dos mesmos.

Hipotetizamos que as queimadas de maiores intensidades diminuem de forma mais brusca os locais apropriados para a nidificação e consequentemente aumentam a competição pelos locais apropriados para a nidificação influenciando diretamente na estruturação da comunidade.

Material e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi realizado na microrregião da Chapada dos Veadeiros, Nordeste de Goiás (13°33'2.51" S, 47°31'28.84" W). Essa área possui 253,2 mil hectares. A região é caracterizada por um clima tropical com duas estações bem definidas: um inverno seco (maio a setembro) e um verão chuvoso (outubro a abril). O estudo foi realizado em uma área de Cerrado stricto sensu.

Tipos de Queimadas

Nós conduzimos nosso estudo em parceria com o projeto de Manejo Integrado do Fogo (MIF). A área do presente estudo vem sendo manejada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e comunidade Quilombola desde 2014. Foram selecionadas quatro áreas de 200 x 200m para a realização do experimento, foram utilizados diferentes três tipos de queimadas com diferentes intensidades nas áreas selecionadas: i) área controle (que não foi queimada), ii) área queimada com fogo contra o vento (fogo de baixa intensidade), iii) área queimada em "L" (fogo de média intensidade), iv) área queimada com fogo circular (fogo de alta intensidade). É importante ressaltar que nosso projeto tem algumas limitações como o número de réplicas. Porém, o experimento nos permitiu criar diferentes tratamentos com a utilização de diferentes tipos de fogo. As queimadas foram realizadas no dia 27/07/2017. Para isso nós utilizamos uma média da árvore que os ninhos foram instalados e também nas duas árvores mais próximas a mesma. Nós estipulamos a altura analisando as marcas deixadas pelo fogo no caule e nas folhas das árvores (material suplementar 1). Também medimos o tempo que o fogo demorou para queimar cada uma das três áreas (material suplementar 2).

Amostragem das formigas

Em cada uma das áreas foram selecionadas 20 árvores da espécie *Qualea parviflora* Mart. (DAP 20-59 cm). *Qualea parviflora* é bastante abundante na área do presente estudo e possui ampla distribuição no Cerrado (GONCALVES-ALVIM, Collevatti e Fernandes, 2004). Em cada árvore foram instalados 10 ninhos artificiais (**Figure 1**), sendo que 5 destes foram instalados na copa e 5 foram instalados no caule. Os ninhos imitam cavidades naturais produzidas por besouros. Os ninhos possibilitaram avaliar a colonização das formigas em cavidades ainda não ocupadas. Os ninhos foram construídos em cabos de madeira com 10cm de comprimento e com uma cavidade interna de 8 cm de profundidade e 2,5 cm de largura seguindo (Camarota *et al.*, 2015). Um orifício de entrada foi estabelecido e a outra cavidade foi fechada com auxílio de uma rolha de cortiça. Os ninhos estabelecidos em cada árvore apresentavam orifícios com diferentes tamanhos de entrada (2, 3, 4, 5 e 6 mm). Em cada árvore foi instalado um ninho de cada tamanho no caule e outro na copa, ou seja, dois por categorias de tamanho. Os diferentes tamanhos de orifícios de entradas possibilitam a colonização por diferentes espécies de formigas de diferentes tamanhos corpóreos (Camarota *et al.*, 2015; Powell *et al.*, 2011). Os ninhos foram instalados entre os dias 22 e 25 de maio de 2017 e retirados dia 22 de setembro, ou seja, ficaram instalados por 4 meses durante o período de seca.

REALIZAÇÃO



Figura 1: Ninhos artificiais instalados nas áreas em uma árvore após a queimada.

Análise de dados

Nós comparamos a riqueza de espécies utilizando uma curva de rarefação com o intervalo de confiança para avaliar a mudança da riqueza em relação aos diferentes tipos de fogo. Nós realizamos uma análise de variância one-way da riqueza rarefeita de cada tratamento e foram realizados os testes pós-hoc de Tukey para determinar todas as diferenças ($p < 0.005$) par a par da riqueza rarefeita nos diferentes tipos de fogo.

Nós comparamos a diferença entre o número de ninhos colonizados nos diferentes tipos tratamentos utilizando o método de interpolação referente ao menor número de ninhos colonizados em uma área ($n=17$ na área controle). Nós realizamos uma análise de variância one-way do número rarefeito de ninhos colonizados de cada tratamento e posteriormente realizamos os testes pós-hoc de Tukey para determinar todas as diferenças ($p < 0.005$) par a par do número rarefeito de ninhos colonizados nos diferentes tipos de fogo.

Resultados e Discussão

Em um total de 80 árvores amostradas, nós registramos 5 gêneros e 13 espécies de formigas colonizando os ninhos experimentais. Gêneros, é importante ressaltar que foram contabilizadas apenas as espécies que colonizaram os ninhos e que a diversidade total das árvores deve ser maior do que a registrada nos ninhos. Nós elaboramos uma curva de rarefação de espécies (**Figura 2**) para observar a riqueza de espécies que colonizaram os ninhos nos diferentes tratamentos.

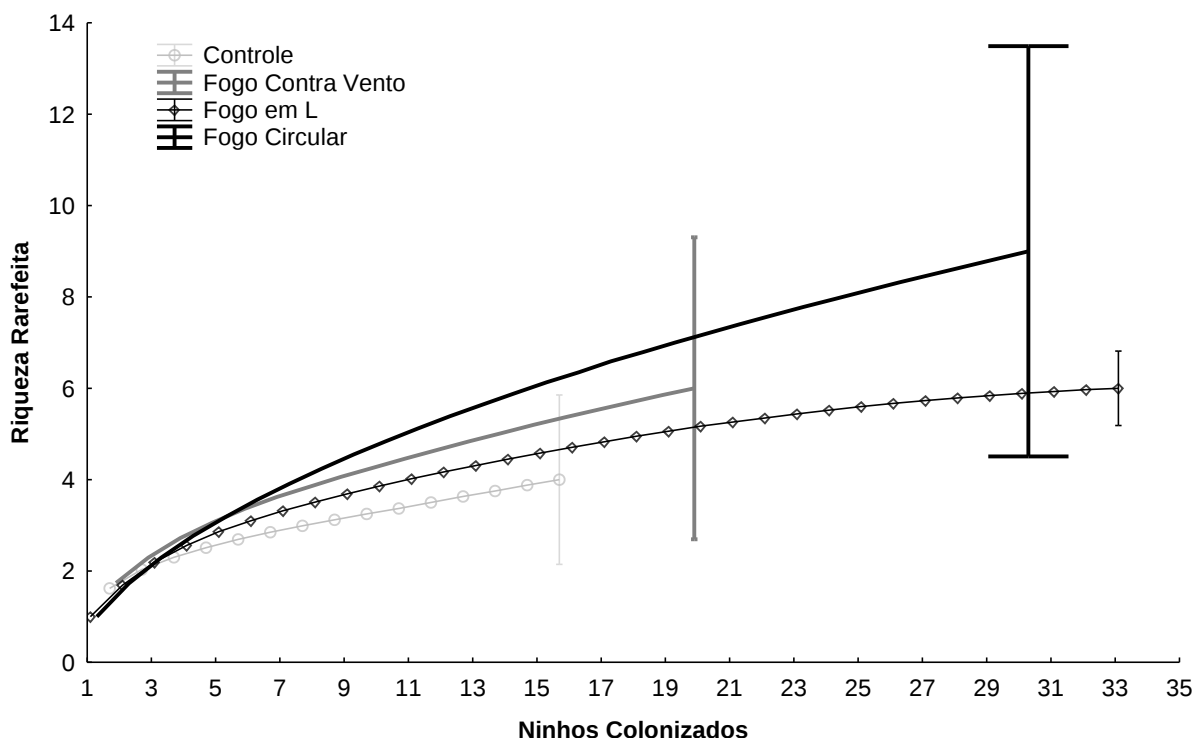


Figura 2: Curva de rarefação com a riqueza espécies de formigas em relação aos ninhos coletados nas áreas queimadas com diferentes intensidades de fogo.

Posteriormente foi realizado teste pos-hoc de Tukey para observar a diferença entre os diferentes tipos de fogo Error: Between MS = 3.1468, df = 76.000 (**Tabela 1**). O teste de Tukey demonstrou que o Fogo Circular apresentou diferença entre os outros tratamentos.

Tabela 1: Teste pos-hoc de Tukey THSD usados para identificar diferença para a par da riqueza de espécies nas áreas queimadas com diferentes intensidades

		Teste de Tukey		
Controle		0.277443	0.079655	0.000154
Contra vento	0.277443		0.924163	0.005339
L	0.079655	0.924163		0.031472
Circular	0.000154	0.005339	0.031472	

Dos 800 ninhos instalados 99 foram colonizados. Nós elaboramos uma curva de rarefação de espécies para observar o número de ninhos colonizados em relação aos tratamentos (**Figura 3**).

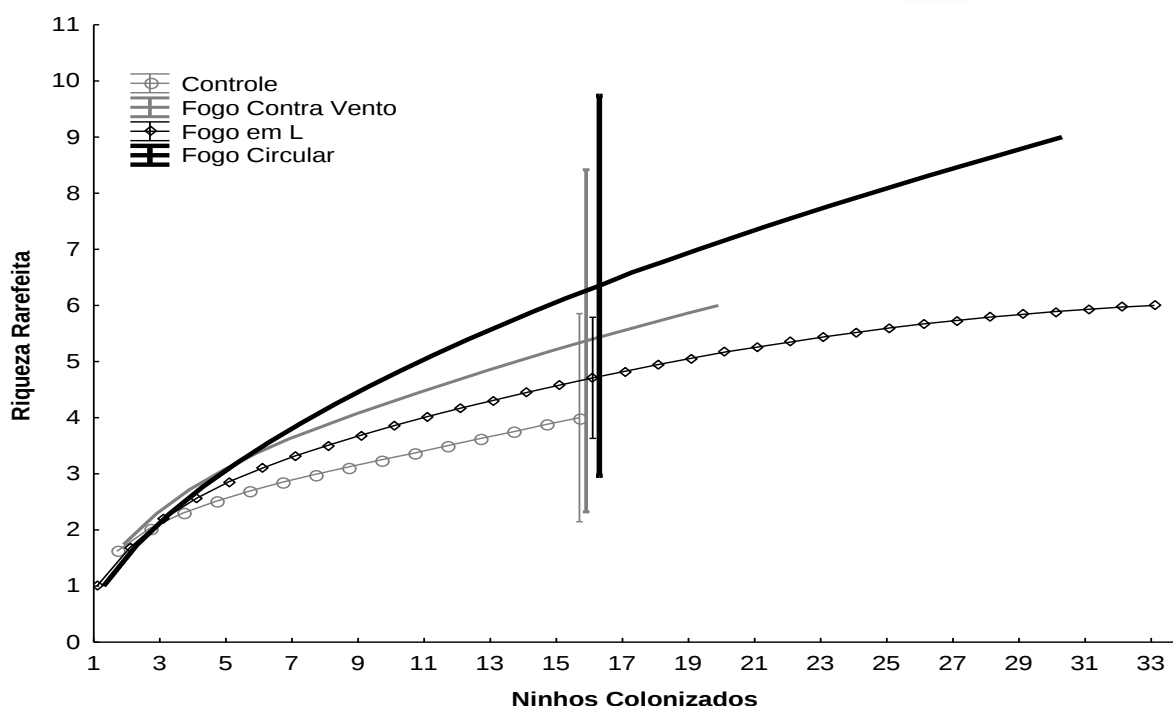


Figura 3: Curva de rarefação com o número de ninhos colonizados em relação aos tratamentos com diferentes intensidades de fogo.

Posteriormente foi realizado teste pos-hoc de Tukey para observar a diferença entre os diferentes tipos de fogo Error: Between MS = 1.5426, df = 60.000 (**Tabela 2**). O teste de Tukey demonstrou que o Fogo Circular apresentou diferença entre o controle.

Tabela 2: Teste pos-hoc de Tukey THSD usados para identificar diferença para a par do número de ninhos colonizados nas áreas queimadas com diferentes intensidades

Teste Tukey				
Controle		0.260547	0.708001	0.028966
Contra Vento	0.260547		0.863928	0.743974
L	0.708001	0.863928		0.288661
Circular	0.028966	0.743974	0.288661	

Com o resultado obtido em relação a riqueza de espécie observamos que os locais que houve uma maior riqueza de espécies onde ocorreu a queimada de maior intensidade (fogo circular) e a menor diversidade na área controle e com isso podemos afirmar que os diferentes tipos de queimadas causam diferentes impactos em relação a riqueza de espécies de formigas que colonizaram os ninhos artificiais. O fogo alto impacto provavelmente destrói os ninhos naturais diminuindo assim o número de locais apropriados para colonização e conseqüentemente ocorre uma maior competição pelos ninhos artificiais. A mesma justificativa pode ser empregada em relação ao número de ninhos ocupados que apresentou uma diferença significativa entre a área controle e a área onde foi realizada a queimada de maior intensidade (fogo circular).



Considerações Finais

Nossos resultados demonstram que o manejo do fogo deve levar em consideração os tipos de queimadas que serão utilizados, pois os diferentes tipos de queimadas possuem diferentes intensidades e consequentemente provocam impactos diferentes na colonização de formigas em ninhos artificiais.

Agradecimentos

Agradecemos ao IBAMA e a Brigada de Incêndios da Comunidade Kalunga em espécies a Damião Moreira dos Santos; ao CNPQ e CAPES pelas bolsas concedidas; a UEG que sempre prestou um excelente trabalho em relação a logística e ao Vitor que foi muito mais que um motorista.

Referências

ABREU, R. C. R. *et al.* The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. **Science Advances**, v. 3, n. 8, p. e1701284, 30 ago. 2017.

ANDERSEN, A. N. Responses of Ground-Foraging Ant Communities to Three Experimental Fire Regimes in a Savanna Forest of Tropical Australia. **Biotropica**, v. 23, n. 4, p. 575, dez. 1991.

ARRUDA, F. V. DE *et al.* Trends and gaps of the scientific literature about the effects of fire on Brazilian Cerrado. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 1, 5 mar. 2018.

BEALE, C. M. *et al.* Pyrodiversity interacts with rainfall to increase bird and mammal richness in African savannas. **Ecology Letters**, v. 21, n. 4, p. 557–567, 1 abr. 2018.

BOWMAN, D. M. J. S. *et al.* Fire in the Earth System. **Science**, v. 324, n. 5926, p. 481–484, 24 abr. 2009.

CAMAROTA, F. *et al.* Extrafloral nectaries have a limited effect on the structure of arboreal ant communities in a neotropical savanna. **Ecology**, v. 96, n. 1, p. 231–240, 2015.

COSTA, F. V. *et al.* Resilience to fire and climate seasonality drive the temporal dynamics of ant-plant interactions in a fire-prone ecosystem. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 247–255, 1 out. 2018.

DEBOUT, G. *et al.* Polydomy in ants: What we know, what we think we know, and what remains to be done. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 90, n. 2, p. 319–348, 31 jan. 2007.

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 1, p. 11–15, 1 fev. 2016.

ELOY, L. *et al.* From fire suppression to fire management: Advances and resistances to

changes in fire policy in the savannas of Brazil and Venezuela. **The Geographical Journal**, p. 1–18, 10 abr. 2018.

FAGUNDES, R. *et al.* Availability of food and nesting-sites as regulatory mechanisms for the recovery of ant diversity after fire disturbance. **Sociobiology**, v. 62, n. 1, p. 1–9, 2015.

FALLEIRO, M, R. **Managing fire regimes in north Australian savannas: Applying Aboriginal approaches to contemporary global problems** *Biodiversidade brasileira*, ago. 2013. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1890/120251>>. Acesso em: 2 ago. 2018

FALLEIRO, R. D. M. Resgate do Manejo Tradicional do Cerrado com Fogo para Proteção das Terras Indígenas do Oeste do Mato Grosso: um Estudo de Caso. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, p. 86–96, 30 dez. 2011.

GOMES, L.; MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. DA C. How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome? **Forest Ecology and Management**, v. 417, p. 281–290, 15 maio 2018.

GONCALVES-ALVIM, S. J.; COLLEVATTI, R. G.; FERNANDES, G. W. Effects of Genetic Variability and Habitat of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) on Herbivory by Free-feeding and Gall-forming Insects. **Annals of Botany**, v. 94, n. 2, p. 259–268, 1 ago. 2004.

GRACE, J. *et al.* Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 387–400, mar. 2006.

LANGEVELDE, F. VAN *et al.* EFFECTS OF FIRE AND HERBIVORY ON THE STABILITY OF SAVANNA ECOSYSTEMS. **Ecology**, v. 84, n. 2, p. 337–350, 1 fev. 2003.

MARAVALHAS, J.; VASCONCELOS, H. L. Revisiting the pyrodiversity-biodiversity hypothesis: Long-term fire regimes and the structure of ant communities in a Neotropical savanna hotspot. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 6, p. 1661–1668, 2014.

MARTIN, R. E.; SAPSIS, D. . **Fires as agents of biodiversity: pyrodiversity promotes biodiversity. Proceedings of the symposium on biodiversity of northwestern California**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://fireecology.org/Resources/Documents/1997Proceedings.copy.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2018.

MCGLYNN, T. P. **Ants on the Move: Resource Limitation of a Litter-nesting Ant Community in Costa Rica** *Biotropica* Association for Tropical Biology and Conservation, , 2006. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/30043262>>. Acesso em: 2 ago. 2018

MEDEIROS, M. B. DE; FIEDLER, N. C. Heterogeneidade de Ecossistemas, Modelos de Desequilíbrio e Distúrbios. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, p. 4–11, 2011.

PAOLUCCI, L. N. *et al.* Fire in the Amazon: impact of experimental fuel addition on responses of ants and their interactions with myrmecochorous seeds. **Oecologia**, v. 182, n. 2, p. 335–346, 2016.

PEETERS, C.; MOLET, M. Colonial Reproduction and Life Histories. *In: Ant Ecology*. [s.l.] Oxford University Press, 2009. p. 159–176.

PHILPOTT, S. M.; FOSTER, P. F. NEST-SITE LIMITATION IN COFFEE AGROECOSYSTEMS: ARTIFICIAL NESTS MAINTAIN DIVERSITY OF ARBOREAL



ANTS. **Ecological Applications**, v. 15, n. 4, p. 1478–1485, 1 ago. 2005.

PIVELLO, V. R. The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. **Fire Ecology**, v. 7, n. 1, p. 24–39, abr. 2011.

PLATT, W. J.; EVANS, G. W.; DAVIS, M. M. Effects of fire season on flowering of forbs and shrubs in longleaf pine forests. **Oecologia**, v. 76, n. 3, p. 353–363, ago. 1988.

POWELL, S. Ecological specialization and the evolution of a specialized caste in *Cephalotes* ants. **Functional Ecology**, v. 22, n. 5, p. 902–911, 2008.

POWELL, S. How ecology shapes caste evolution: Linking resource use, morphology, performance and fitness in a superorganism. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 22, n. 5, p. 1004–1013, 2009.

POWELL, S. *et al.* Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, n. 2, p. 352–360, 2011.

SCHMIDT, I. B. *et al.* Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. **Journal of Applied Ecology**, 4 mar. 2018.

SHIK, J. Z.; KASPARI, M. More food, less habitat: how necromass and leaf litter decomposition combine to regulate a litter ant community. **Ecological Entomology**, v. 35, n. 2, p. 158–165, 1 abr. 2010.

SILVÉRIO, D. V. *et al.* Surface fire drives short-term changes in the vegetative phenology of woody species in a Brazilian savanna. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 3, jul. 2015.

SIMON, M. F. *et al.* 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 of the United States of America**, v. 106, n. 48, p. 20359–64, 1 dez. 2009.

VALIENTE-BANUET, A. *et al.* Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. **Functional Ecology**, v. 29, n. 3, p. 299–307, 1 mar. 2015.

VIEIRA, E. M.; BRIANI, D. C. Short-term effects of fire on small rodents in the Brazilian Cerrado and their relation with feeding habits. **International Journal of Wildland Fire**, v. 22, n. 8, p. 1063, 23 dez. 2013.

WELCH, J. R. *et al.* Indigenous Burning as Conservation Practice: Neotropical Savanna Recovery amid Agribusiness Deforestation in Central Brazil. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. e81226, 11 dez. 2013.