



**Universidade Federal de Uberlândia  
Instituto de Biologia**



**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação dos Recursos  
Naturais**

**ALTERAÇÕES CAUSADAS PELO FOGO NA VEGETAÇÃO E  
SEUS EFEITOS SOBRE OS PADRÕES DE FORRAGEIO DAS  
FORMIGAS-CORTADEIRAS-DE-FOLHAS NO CERRADO**

**Jaqueline Vaz da Silva**

**2021**

**Jaqueline Vaz da Silva**

**ALTERAÇÕES CAUSADAS PELO FOGO NA VEGETAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE OS PADRÕES DE FORRAGEIO DAS FORMIGAS-CORTADEIRAS-DE-FOLHAS NO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador

Prof. Dr. Alan Nilo da Costa

Uberlândia, MG

Agosto - 2021

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 2021	<p>Silva, Jaqueline Vaz da, 1987- Alterações causadas pelo fogo na vegetação e seus efeitos sobre os padrões de forrageio das formigas-cortadeiras-de-folhas no Cerrado [recurso eletrônico] / Jaqueline Vaz da Silva. - 2021.</p> <p>Orientador: Alan Nilo da Costa. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.400">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.400</a> Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Ecologia. I. Costa, Alan Nilo da, 1979-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 574</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Jaqueline Vaz da Silva

# **ALTERAÇÕES CAUSADAS PELO FOGO NA VEGETAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE OS PADRÕES DE FORRAGEIO DAS FORMIGAS-CORTADEIRAS-DE-FOLHAS NO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovada em 25 de agosto de 2021.

---

Prof. Dr. Ernane Henrique Monteiro Vieira Neto/ UF

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Solange Cristina Augusto / UFU

---

Dr. Alan Nilo da Costa (Orientador) /UFU

Uberlândia, MG

Agosto - 2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de  
 Recursos Naturais

Av. Pará, 1720, Bloco 2D, Sala 26 - Bairro Umarama, Uberlândia-MG, CEP 38405-320  
 Telefone: (34) 3225-8641 - www.ppgeco.ib.ufu.br - ecologia@umarama.ufu.br



**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia e Conservação de Recursos Naturais				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 302, COPEC				
Data:	vinte e cinco de agosto de dois mil e vinte e um	Hora de início:	10:00	Hora de encerramento:	13:20
Matrícula do Discente:	11912ECR006				
Nome do Discente:	Jaqueline Vaz da Silva				
Título do Trabalho:	Alterações causadas pelo fogo na vegetação e seus efeitos sobre os padrões de forrageio das formigas-cortadeiras-de-folhas no Cerrado				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Ecologia vegetal				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Regeneração de áreas degradadas de cerrado e interações interespecíficas: subsídios para recomposição de ambientes alterados				

Reuniu-se por webconferência a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, assim composta por doutores: Solange Cristina Augusto - UFU, Ernane Henrique Monteiro Vieira Neto - Universidade da Flórida e Alan Nilo da Costa - UFU, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Alan Nilo da Costa, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

27/08/2021

SEI/UFU - 2942630 - Ata de Defesa - Pós-Graduação



Documento assinado eletronicamente por **Alan Nilo da Costa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/08/2021, às 09:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Ernane Henrique Monteiro Vieira Neto, Usuário Externo**, em 26/08/2021, às 10:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Solange Cristina Augusto, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/08/2021, às 18:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2942630** e o código CRC **599B63A6**.

---

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo apoio e carinho.

Ao meu orientador, prof. Dr. Alan Nilo da Costa pela ajuda, ensinamentos e sugestões que foram importantes no desenvolvimento desse trabalho.

A amiga Dra. Alessandra Bartimachi pela sua empatia, conselhos e sugestões que contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Instituto de Biologia (INBIO) e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais pela infraestrutura, o apoio logístico e financeiro.

Aos amigos que contribuíram na coleta de dados em campo na Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia-MG), especialmente Dyessica, Paola, Rogério e Mateus.

Ao Prof. Dr. Jamir e ao doutorando Norberto pela ajuda na identificação de algumas plantas do levantamento florístico.

Aos membros da banca examinadora pelo aceite do convite.

Aos amigos que conheci durante as disciplinas cursadas e por todos os momentos proporcionados. Aos meus amigos Joed e Vitória que sempre me apoiaram nos momentos de ansiedade e angústia. Agradeço também a minha irmã Juliana e ao meu namorado Jésus, pelo carinho e por sempre acreditar em mim.

À CAPES pela bolsa de mestrado que possibilitou a realização dessa dissertação e ao Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD-CNPq) pelo custeio de parte das análises químicas.

## ÍNDICE

RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS .....	4
CAPÍTULO 1: Seletividade no forrageio das saúvas após a perturbação pelo fogo no Cerrado.	8
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
1. INTRODUÇÃO .....	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	14
2.1. Local e espécie de estudo .....	14
2.2. Diversidade florística pré e pós-fogo .....	16
2.3. Comparação entre recursos disponíveis e seu uso pelas colônias .....	18
2.4. Análise estatística .....	20
3. RESULTADOS .....	21
3.1. Diversidade florística pré e pós-fogo .....	21
3.2. Diversidade e qualidade da dieta .....	24
4. DISCUSSÃO .....	28
5. CONCLUSÃO .....	31
6. REFERÊNCIAS .....	32
CAPÍTULO 2: Atividade de forrageio das saúvas em área perturbada pelo fogo no Cerrado.	36
RESUMO .....	37
ABSTRACT .....	38
1. INTRODUÇÃO .....	39
2. MATERIAS E MÉTODOS .....	41
2.1. Local e espécie de estudo .....	41
2.2. Dimensionamento do sistema de trilhas de forrageio .....	42
2.3. Fluxo de formigas nas trilhas .....	43

2.4. Quantidade de material vegetal coletado.....	44
2.5. Análise estatística.....	45
3. RESULTADOS.....	45
4. DISCUSSÃO.....	53
5. CONCLUSÃO.....	56
6. REFERÊNCIAS.....	57
7. CONCLUSÃO GERAL.....	63
ANEXOS.....	64

## 1 RESUMO

2

3 Silva, J. V. da. 2021. Alterações causadas pelo fogo na vegetação e seus efeitos sobre os padrões  
4 de forrageio das formigas-cortadeiras-de-folhas no Cerrado. Dissertação de Mestrado em  
5 Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia – MG. 82p.

6

7 Distúrbios ambientais provocam perturbação na estrutura e composição das comunidades,  
8 afetando a disponibilidade de recursos e a dieta dos animais. Esses distúrbios podem favorecer  
9 determinadas espécies de animais. As formigas-cortadeiras-de-folhas ou saúvas são herbívoros  
10 generalistas, com capacidade de utilizar diferentes recursos vegetais como substrato fúngico.  
11 Essas formigas ajustam seu forrageio conforme as condições ambientais de onde vivem. Em  
12 ambientes perturbados, como florestas em regeneração ou com efeito de borda, as saúvas são  
13 geralmente favorecidas e há registros do aumento na quantidade de colônias. Nesses ambientes,  
14 isso ocorre devido a maior abundância de espécies pioneiras, plantas mais palatáveis e  
15 preferidas por essas formigas. Dessa forma, as formigas tendem a coletar maior quantidade de  
16 material vegetal, explorando principalmente as espécies pioneiras. Em ambiente savânico do  
17 bioma Cerrado, o fogo é um distúrbio natural que pode impactar nos recursos vegetais  
18 disponíveis e provocar variações das condições microclimáticas. Nesse sentido, investiguei  
19 como a perturbação do fogo afeta a atividade de forrageio da espécie *Atta laevigata* no Cerrado,  
20 mesmo após dois anos do evento de queima da vegetação. Entre os resultados encontrados: o  
21 fogo não afetou a riqueza e nem a abundância de plantas, porém provocou uma mudança  
22 expressiva na composição florística. Aparentemente, essa mudança na área de forrageio das  
23 colônias caracterizou-se pela redução na qualidade geral da vegetação para as saúvas. Além  
24 disso, foi registrado um mesmo padrão no sistema de trilhas para ambas as áreas (queimada e  
25 não queimada) e a atividade de forrageio ocorreu nas mesmas variações de temperatura e  
26 umidade relativa do ar. Entretanto, as colônias da área queimada apresentaram uma maior  
27 assincronia na sua atividade, sendo registrado um menor fluxo de formigas nas trilhas,  
28 culminando em menor quantidade de fragmentos vegetais coletados. Nesse contexto, as  
29 mudanças provocadas pela perturbação do fogo no Cerrado parecem não ser favoráveis as  
30 saúvas, na mesma linha do que tem sido relatado em ambientes florestais perturbados.

31

32 Palavras-chave: forrageio ótimo, interação animal-plantas, herbivoria, seleção de plantas, *Atta*  
33 *laevigata*, perturbação, savana.

34

35 **ABSTRACT**

36

37 Silva, J. V. da. 2021. Changes caused by fire in vegetation and their effects on foraging patterns  
38 of leaf-cutter ants in the Cerrado. MSc. thesis. UFU. Uberlândia – MG. 82p.

39

40 Environmental disturbances disturb the structure and composition of communities, affecting  
41 the availability of resources and the animals' diet. These disturbances can favor certain species  
42 of animals. Leaf-cutter ants or saúvas are generalist herbivores, with the ability to use different  
43 plant resources as a fungal substrate. These ants adjust their foraging according to the  
44 environmental conditions where they live. In disturbed environments, such as regenerating  
45 forests or forests with an edge effect, saúvas are generally favored and there are reports of an  
46 increase in the number of colonies. In these environments, this is due to the greater abundance  
47 of pioneer species, plants that are more palatable and preferred by these ants. Thus, ants tend to  
48 collect more plant material, mainly exploiting pioneer species. In the savanna environment of  
49 the Cerrado biome, fire is a natural disturbance that can impact available plant resources and  
50 cause variations in microclimatic conditions. In this sense, I investigated how fire disturbance  
51 affects the foraging activity of the *Atta laevigata* species in the Cerrado, even after two years  
52 of the vegetation burning event. Among the results found: fire did not affect the richness or  
53 abundance of plants, but caused a significant change in the floristic composition. Apparently,  
54 this change in the foraging area of the colonies was characterized by a reduction in the general  
55 quality of vegetation for the saúvas. In addition, the same pattern was recorded in the trail  
56 system for both areas (burned and unburned) and foraging activity occurred under the same  
57 variations in temperature and relative humidity. However, the colonies in the burned area  
58 showed a greater asynchrony in their activity, with a smaller flow of ants being recorded on the  
59 trails, culminating in a smaller amount of collected plant fragments. In this context, the changes  
60 caused by fire disturbance in the Cerrado seem not to be favorable to saúvas, in line with what  
61 has been reported in disturbed forest environments.

62

63 Keywords: optimal foraging, animal-plant interaction, herbivory, plant selection, *Atta*  
64 *laevigata*, disturbance, savanna.

## INTRODUÇÃO GERAL

Os distúrbios são eventos comuns, responsáveis por alterar os sistemas ecológicos e modificar a disponibilidade de recursos (Rykiel 1985, Seifan et al. 2012). Esses eventos variam em grau de intensidade e frequência e podem impulsionar a heterogeneidade espacial e temporal do ambiente, definir a composição de espécies, afetar os padrões de diversidade genética e o processo de evolução das espécies (Turner 2010, Banks et al. 2013). Eles podem ocorrer em diferentes escalas, gerados por fontes bióticas e abióticas (Turner 2010). Por exemplo, o fogo constitui um distúrbio natural, comum em muitos biomas subtropicais e tropicais, como nas savanas (Bond et al. 2005, Durigan 2020, Fidelis 2020).

O fogo constitui um elemento importante nos ambientes de savana, visto que, pode afetar a biomassa, cobertura, altura e a composição de espécies vegetais, influenciando na proporção de plantas lenhosas e herbáceas presentes (Kruger 1984, Higgins et al. 2007), já que, parte das espécies lenhosas das savanas são sensíveis, sendo reduzidas em abundância ou eliminadas (Miranda 2009). O fogo pode causar um efeito marcante na estrutura da vegetação e modificar as condições ambientais (Veenendaal et al. 2018). Ele pode contribuir para manter os processos ecológicos, a diversidade de ambientes e a conservação da biodiversidade (Parr & Andersen 2006). Entretanto, os efeitos do fogo dependem da intensidade, da frequência e época de ocorrência (Smit et al. 2010). Assim, mudanças no regime de incêndios podem causar efeitos negativos para esses ambientes, sendo necessários programas adequados de gerenciamento de incêndios, baseados no conhecimento científico e de povos tradicionais (Pivello 2011).

O Cerrado é um *hotspot* de biodiversidade, conhecido como a savana mais rica em diversidade de espécies (Myers et al. 2000, Strassburg et al. 2017). Neste ecossistema, o fogo é um componente ecológico e histórico que modula a diversidade florística (Durigan 2020). Os registros de queimadas no Cerrado precedem a chegada do homem, e ocorriam, principalmente,

no início da estação chuvosa, decorrentes de raios (Berlinck & Batista 2020). O ciclo do fogo comum no bioma, em especial nas fisionomias campestres e savânicas, exerce o controle na distribuição de espécies lenhosas (Moreira 2000, Miranda et al. 2009). No bioma Cerrado existe um mosaico de ambientes, com formações florestais, savânicas e campestres, que abrigam espécies vegetais sensíveis, resistentes ou dependentes do fogo (Fidelis 2020, Miranda 2009). Assim, parte dessas espécies exibem adaptações como estruturas de proteção (súber espesso), ou órgãos subterrâneos (xilopódios e rizomas), entre outras (Sousa et al. 2018).

O fogo natural desempenhou um papel ecológico relevante na evolução e configuração do Cerrado e ainda constitui um elemento importante para manter a diversidade de fisionomias e suas espécies vegetais (Miranda et al. 2009, Durigan 2020). Em geral, os incêndios afetam a composição e estrutura da vegetação, impactando nas interações entre herbívoros e plantas (Moreira 2000, Lopes & Vasconcelos 2011, Andrade et al. 2019). Após a passagem do fogo, ocorre uma rápida rebrota das plantas sobreviventes, que pode ser um fator atrativo para a comunidade de herbívoros, provocando alteração na sua riqueza e abundância (Diniz 2008, Lepesqueur et al. 2012). Nesse contexto, logo após a queima ocorre um aumento das taxas de herbivoria, sobretudo por invertebrados mastigadores de folhas, como formigas-cortadeiras-de-folhas, lagartas e gafanhotos (Lopes & Vasconcelos 2011).

As formigas-cortadeiras-de-folhas, também conhecidas como saúvas (Myrmicinae: Attini) são herbívoros relevantes que consomem entre 15% e 17% do material vegetal de seus territórios (Costa et al. 2008). Em geral, utilizam grande parte das espécies vegetais de sua área de forrageio como substrato fúngico, mas certas espécies são cortadas de maneira mais expressiva (Costa et al. 2019). Isso ocorre porque essas formigas tendem a optar principalmente por folhas novas e/ou material vegetal de melhor qualidade nutricional (maior conteúdo de N, P, K, Zn e Cu; Mundim et al. 2009). Assim, essas formigas regulam continuamente seu forrageio a partir de fatores como a riqueza e abundância de espécies preferidas e também pelas

condições climáticas, sazonalidade, entre outros (Vasconcelos & Fower 1990, Viana et al. 2004, Silva et al. 2013). Nesse sentido, a qualidade das espécies vegetais reflete no forrageio das saúvas. Por exemplo, em ambiente de Cerrado não perturbado, a espécie *Atta laevigata* explora ainda mais as espécies preferidas quando seu forrageio fica mais distante do ninho, ou quando ocorre diminuição na oferta de material vegetal de melhor qualidade, em decorrência da estação seca (Costa et al. 2019). Em ambientes florestais perturbados, as formigas-cortadeiras-de-folhas costumam se beneficiar do aumento em abundância de plantas pioneiras, cujas espécies são mais exploradas e preferidas, em razão de suas características de alto teor de nutrientes e baixo investimento em defesa químicas (Vasconcelos 1997, Farji-brener 2001).

Nesse contexto, esse trabalho investigou como as alterações causadas pelo fogo na comunidade de plantas em área de cerrado sentido restrito, mesmo após 2 anos da queima, afetam o forrageio de colônias da espécie *A. laevigata*. No primeiro capítulo avaliei como as mudanças ocasionadas pela queima afetaram o padrão de seleção das colônias, e meus objetivos foram: (i) avaliar as transformações provocadas pelo fogo na diversidade da vegetação na área de forrageio das formigas, (ii) verificar se ocorreu mudança na abundância de plantas preferidas e rejeitadas pelas saúvas, e por fim, (iii) comparar a diversidade e a (iv) qualidade das plantas utilizadas pelas colônias com os recursos disponíveis nas suas áreas de forrageio. No segundo capítulo verifiquei se as mudanças acarretadas pelo fogo afetaram a atividade de forrageio das colônias. Assim, meus objetivos foram (i) avaliar os aspectos do sistema de trilhas de forrageio usado pelas colônias, (ii) medir o fluxo de formigas nas trilhas, (iii) a atividade de coleta das colônias; e também, (iv) a associação destas com as variações da temperatura e da umidade ao longo do ano. Dessa forma, avaliei como as mudanças geradas pelo fogo afetam as colônias de *A. laevigata* no Cerrado, sabendo que estes insetos tendem a ser beneficiados por perturbações em ambientes florestais, onde ocorre aumento do número de colônias e das taxas de herbivoria (Urbas et al. 2007, Meyer et al. 2009).

## REFERÊNCIAS

- Andrade, J. F., Batista, J. C., Pereira, H. S., Fernandes, G. W. & Santos, J. C. 2019. Fire mediated herbivory and plant defense of a neotropical shrub. *Arthropod-Plant Interactions* 13:489–498. <http://dx.doi.org/10.1007/s11829-018-9657-2>
- Banks, S. C., Cary, G. J., Smith, A. L., Davies, I. D., Driscoll, D. A., Gill, A. M., Lindenmayer, D. B. & Peakall, R. 2013. How does ecological disturbance influence genetic diversity? *Trends in Ecology and Evolution* 28:670–679. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2013.08.005>
- Berlinck, C. N. & Batista, E. K. L. 2020. Good fire, bad fire: it depends on who burns. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 268:1-4. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151610>
- Bond, W. J., Woodward, F. I. & Midgley, G. F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* 165:525–538. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>
- Costa, A. N., Vasconcelos, H. L., Vieira-Neto, E. H. M. & Bruna, E. M. 2008. Do herbivores exert top-down effects in neotropical savannas? Estimates of biomass consumption by leaf-cutter ants. *Journal of Vegetation Science* 19:849–854. <http://dx.doi.org/10.3170/2008-8-18461>
- Costa, A. N., Vasconcelos, H. L., Vieira-Neto, E. H. M. & Bruna, E. M. 2019. Adaptive foraging of leaf-cutter ants to spatiotemporal changes in resource availability in neotropical savannas. *Ecological Entomology* 44:227–238. <https://doi.org/10.1111/een.12697>
- Diniz, I. R. 2008. Efeito do fogo na abundância de insetos do Cerrado: o que sabemos ? *Heringeriana*, Brasília 2(1):39–46. [https://www.researchgate.net/publication/259214550\\_EFEITO\\_DO\\_FOGO\\_NA\\_ABUNDANCIA\\_DE\\_INSETOS\\_DO\\_CERRADO\\_O\\_QUE\\_SABEMOS](https://www.researchgate.net/publication/259214550_EFEITO_DO_FOGO_NA_ABUNDANCIA_DE_INSETOS_DO_CERRADO_O_QUE_SABEMOS)
- Durigan, G. 2020. Zero-fire: Not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil. *Flora* 268:151612 1-5. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151612>
- Farji-Brener, A. G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos* 92(1):169–177. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.920120.x>
- Fidelis, A. 2020. Is fire always the “bad guy”? *Flora: Morphology, Distribution, Functional*

- Ecology of Plants*. Elsevier. 268:151611 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151611>
- Higgins, S., Bond, W. J., February, E. C., Bronn, A., Euston-Brown, D. I. W., Enslin, B., Govender, N., Rademan, L., O'regan, S., Potgieter, A. L. F., Scheiter, S., Sorry, R., Trollope, L. & Trollope, W. S. W. 2007. Effects of four decades of fire manipulation on woody vegetation structure in savanna. *Ecology* 88(5):1119–1125. <https://doi.org/10.1890/06-1664>
- Kruger F.J. (1984) Effects of fire on vegetation structure and dynamics. In: Booysen P.V., Tainton N.M. (eds) Ecological effects of fire in South African ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 48: 219-243. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-69805-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-69805-7_10)
- Lepesqueur, C., Morais, H. C. & Diniz, I. R. 2012. Accidental fire in the Cerrado : its impact on communities of caterpillars on two species of *Erythroxylum*. *Psyche* 2012:1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/101767>
- Lopes, C. T. & Vasconcelos, H. L. 2011. Fire increases insect herbivory in a neotropical savanna. *Biotropica* 43(5):612–618. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00757.x>
- Meyer, S. T., Leal, I. R. & Wirth, R. 2009. Persisting hyper-abundance of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) at the edge of an old Atlantic Forest fragment. *Biotropica* 41(6):711–716. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00531.x>
- Miranda H.S., Sato M.N., Neto W.N. & Aires F.S. (2009) Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. In: Tropical fire ecology. Springer Praxis Books. Springer, Berlin, Heidelberg. 427-450. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8_15)
- Moreira, A. G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. *Journal of Biogeography* 27:1021–1029. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00422.x>
- Mundim, F. M., Costa, A. N. & Vasconcelos, H. L. 2009. Leaf nutrient content and host plant selection by leaf-cutter ants, *Atta laevigata*, in a neotropical savanna. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 130:47–54. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00789.x>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Parr, C. L. & Andersen, A. N. 2006. Patch mosaic burning for biodiversity conservation : a critique of the pyrodiversity paradigm. *Conservation Biology* 20(6):1610–1619. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00492.x>

- Pivello, V. R. 2011. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. *Fire Ecology* 7(1): 24-39. doi: 10.4996/fireecology.0701024
- Rykiel, E. J. 1985. Towards a definition of ecological disturbance. *Australian Journal of Ecology* 10:361–365. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1985.tb00897.x>
- Seifan, M., Seifan, T., Jeltsch, F. & Tielbörger, K. 2012. Combined disturbances and the role of their spatial and temporal properties in shaping community structure. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 14:217–229. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/J.PPEES.2011.11.003>
- Silva, P. S. D., Bieber, A. G. D., Knoch, T. A., Tabarelli, M., Leal, I. R. & Wirth, R. 2013. Foraging in highly dynamic environments: leaf-cutting ants adjust foraging trail networks to pioneer plant availability. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 147:110–119. <http://dx.doi.org/10.1111/eea.12050>
- Smit, I. P. J., Asner, G. P., Govender, N., Kennedy-Bowdoin, T., Knapp, D. E. & Jacobson, J. 2010. Effects of fire on woody vegetation structure in African savanna. *Ecology applications* 20(7):1865–1875. <https://doi.org/10.1890/09-0929.1>
- Souza, V. C. Flores, T. B. Colletta, G. D. Coelho, R. L. G. 2018. Guia de plantas do Cerrado. Piracicaba, SP: Taxon Brasil editora e livraria, 585p. [https://www.researchgate.net/publication/325905989\\_GUIA\\_DAS\\_PLANTAS\\_DO\\_CERRADO](https://www.researchgate.net/publication/325905989_GUIA_DAS_PLANTAS_DO_CERRADO)
- Strassburg, B. B. N., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., Latawiec, A. E., Oliveira-Filho, F. J. B., Scaramuzza, C. A. M., Scarano, F. R., Soares-Filho, B. & Balmford, A. 2017. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution* 1:1–3. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>
- Turner, M. G. 2010. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology* 91(10):2833–2849. <https://doi.org/10.1890/10-0097.1>
- Urbas, P., Araújo, M. V., Leal, I. R. & Wirth, R. 2007. Cutting more from cut forests: edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants in Brazil. *Biotropica* 39(4):489–495. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00285.x>
- Vasconcelos, H. L. 1997. Foraging activity of an Amazonian leaf-cutting ant : responses to changes in the availability of woody plants and to previous plant damage. *Oecologia* 112:370–378. <http://dx.doi.org/10.1007/s004420050322>
- Vasconcelos, H.L. & H.G. Fowler. 1990. Foraging and fungal substrate selection by leaf-cutting ants, p. 410-419. In: R.K. Vander Meer; K. Jaffé & A. Cedeño (Eds). Applied

myrmecology – a world perspective. Boulder, Westview Press, 741p.

- Veenendaal, E. M., Torello-Raventos, M., Miranda, H. S., Sato, N. M., Oliveras, I., Langevelde, F. V, Asner, G. P. & Lloyd, J. 2018. On the relationship between fire regime and vegetation structure in the tropics. *New Phytologist*:153–166. <https://doi.org/10.1111/nph.14940>
- Viana, L. R., Santos, J. C., Arruda, L. J., Santos, G. P. & Fernandes, G. W. 2004. Foraging patterns of the leaf-cutter ant *Atta laevigata* (Smith) (Myrmicinae: Attini) in an area of Cerrado vegetation. *Neotropical Entomology* 33(3):391–393. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000300019>

## **CAPÍTULO 1**

# **SELETIVIDADE NO FORRAGEIO DAS SAÚVAS APÓS A PERTURBAÇÃO PELO FOGO NO CERRADO**

## RESUMO

Os animais vivem em ambientes heterogêneos, em que a disponibilidade e qualidade dos recursos variam espaço-temporalmente, devido às alterações sazonais ou por ocasionais distúrbios ambientais. As perturbações ambientais podem afetar a disponibilidade dos recursos e influenciar na atividade de forrageio dos herbívoros. Na savana brasileira, o fogo é um distúrbio natural, que modula a diversidade e composição de espécies vegetais, e pode afetar no forrageio e na dieta dos herbívoros. As formigas-cortadeiras-de-folhas são herbívoros polípagos, ou seja, possuem a capacidade de explorar espécies de plantas pertencentes a muitas famílias. Entretanto, elas apresentam preferências por determinadas espécies e/ou partes vegetais, aparentemente de melhor qualidade nutricional, como as folhas novas. Dessa forma, variações da riqueza e abundância de plantas preferidas podem alterar o seu comportamento de forrageio. Nesse trabalho investiguei como a perturbação do fogo impacta o padrão de seleção das formigas-cortadeiras-de-folhas no Cerrado, mesmo após dois anos do evento de queima. Os objetivos foram (i) verificar quais as mudanças causadas pelo fogo na diversidade da vegetação, (ii) avaliar se houve alteração na abundância de espécies vegetais preferidas e rejeitadas na área de forrageio das colônias da espécie *Atta laevigata* em função do fogo, (iii) comparar a diversidade e a (iv) qualidade das plantas exploradas por estas colônias com os recursos disponíveis, na área perturbada pelo fogo (tratamento) e em uma área não queimada (controle). Entre os resultados encontrados, o fogo não alterou a riqueza, nem a abundância de arbustos e árvores, mas gerou mudanças na composição da vegetação na área de forrageio das colônias. Tais mudanças caracterizam-se pela redução na qualidade geral da vegetação para essas formigas. Visto que, houve redução na abundância das plantas preferidas e aumento na abundância de plantas rejeitadas na área queimada. Com isso, a relação entre a abundância de espécies da dieta e o disponível no ambiente foi mais fraca para as colônias da área queimada, indicando uma alteração no padrão de seleção das formigas. Deste modo, o efeito da perturbação pelo fogo no comportamento das formigas diferiu do esperado, pois em ambientes florestais perturbados, geralmente tendem a ser beneficiadas pelo aumento da abundância de plantas pioneiras, que são plantas preferidas e mais utilizadas.

**Palavras chaves:** perturbação, savana brasileira, herbívoros generalistas, *Atta laevigata*, formigas-cortadeiras-de-folhas.

## ABSTRACT

Animals live in heterogeneous environments, where the availability and quality of resources vary spatiotemporally, due to seasonal changes or occasional environmental disturbances. Environmental disturbances can affect the availability of resources and influence the foraging activity of herbivores. In the Brazilian savannah, fire is a natural disorder, which modulates the diversity and composition of plant species, and can affect the forage and diet of herbivores. Leaf-cutter ants are polyphagous herbivores, that is, they have the ability to explore plant species belonging to many families. However, they have preferences for certain species and/or plant parts, apparently of better nutritional quality, such as new leaves. Thus, variations in the richness and abundance of preferred plants can alter their foraging behavior. In this work, I investigated how fire disturbance impacts the selection pattern of leaf-cutting ants in the Cerrado, even two years after the burning event. The objectives were (i) to verify the changes caused by fire in vegetation diversity, (ii) to assess whether there was a change in the abundance of preferred and rejected plant species in the foraging area of *Atta laevigata* species colonies due to fire, (iii) compare the diversity and (iv) quality of the plants exploited by these colonies with the available resources, in the area disturbed by fire (treatment) and in an unburned area (control). Among the results found, fire did not alter the richness or the abundance of shrubs and trees, but it did generate changes in the composition of the vegetation in the foraging area of the colonies. Such changes are characterized by a reduction in the general quality of vegetation for these ants. Since, there was a reduction in the abundance of preferred plants and an increase in the abundance of rejected plants in the burned area. Thus, the relationship between the abundance of species in the diet and that available in the environment was weaker for the colonies in the burned area, indicating an alteration in the ant selection pattern. Thus, the effect of fire disturbance on the behavior of ants differed from what was expected, as in disturbed forest environments, they generally tend to benefit from the increase in the abundance of pioneer plants, which are preferred and most used plants.

Keywords: disturbance, Brazilian savanna, generalist herbivores, *Atta laevigata*, leaf cutter ants.

## 1. INTRODUÇÃO

Os animais vivem em ambientes heterogêneos, nos quais a disponibilidade e a qualidade dos recursos variam espaço-temporalmente (Wiens 1976). Assim, o ambiente pode ser percebido como um mosaico de manchas com diferentes recursos e riscos de predação (Fowler & Stiles 1980, Searle et al. 2005, McArthur et al. 2014). Onde a irregularidade no tamanho e qualidade das manchas afetam o forrageio desses animais (Fowler & Stiles 1980). Pois, a heterogeneidade do ambiente tem efeito no modo como eles o utilizam, influenciando na inclusão de alimentos na sua dieta (Randolph & Cameron 2001, Vieira & Briani 2013). No caso dos herbívoros generalistas a amplitude da dieta pode ser estabelecida em resposta as condições locais de abundância, distribuição e qualidade das plantas (Brown & Morgan 1995, Randolph & Cameron 2001).

Herbívoros generalistas possuem a capacidade de misturar e alternar a composição da sua dieta (Behmer et al. 2002, Singer et al. 2002, Wiggins et al. 2006, Unsicker et al. 2008). Em parte, este comportamento é moldado pelas características das espécies vegetais, que variam no investimento em defesas, conteúdo nutricional, teor de água, dureza e densidade de tricomas, fatores que atuam na palatabilidade e na utilização das plantas pelos seus consumidores (Farjibrener 2001, Behmer et al. 2002, Gerhold et al. 2019). Em consequência, o uso de cada espécie vegetal pelos herbívoros pode ser frequente, sazonal ou mesmo jamais ocorrer (Fowler & Stiles 1980). As mudanças no uso das espécies acontecem, especialmente devido às variações espaço-temporais na disponibilidade e qualidade dos recursos vegetais (Brown 2000, Vasconcelos 2002), promovendo a ampliação ou redução dos itens alimentares (Wiggins et al. 2006).

Perturbações ambientais naturais ou antrópicas afetam a disponibilidade dos recursos e podem interferir na atividade de forrageio dos herbívoros (Rykiel 1985, Banks et al. 2013). Já que, modificam a composição da vegetação, ocasionando mudanças na distribuição e na densidade de espécies nativas e ainda promovem a inserção de novas espécies (Shackelford et

al. 2015). Em geral, essas modificações beneficiam a dieta de herbívoros generalistas, dado que, as plantas recém-estabelecidas frequentemente apresentam menor quantidade de constituintes químicos de defesas e melhor conteúdo nutricional (Coley & Barone 1996, Farjibrener 2001, Barbosa et al. 2005, Wirth et al. 2007, Pinho et al. 2017). Por exemplo, na Amazônica, pesquisadores observaram que espécies vegetais de menor *status* sucessional como as pioneiras, exibem maior teor de água e nutrientes, e menor concentração de lignina, sendo mais consumidas (Poorter et al. 2004). Além disso, em uma revisão que avaliou os efeitos da fragmentação sobre as espécies de plantas e insetos mostrou que nas áreas de bordas florestais há maior abundância e riqueza de insetos e maior herbivoria (Guimarães et al. 2014).

No Cerrado, um *hotspot* de biodiversidade brasileiro, considerado a savana com maior riqueza de espécies (Myers et al. 2000), o fogo é um distúrbio natural que atua no processo evolutivo e na diversidade da comunidade vegetal (Moreira 2000, Berlinck & Batista 2020). A passagem do fogo afeta a fenologia das plantas e estimula uma rápida rebrota, promovendo variações nas características morfológicas e fisiológicas (Andrade et al. 2019, Durigan et al. 2020). Em virtude dessa oferta de recursos uma variedade de herbívoros são atraídos, causando um aumento na sua abundância e nas taxas de danos foliares (Diniz 2008, Lepesqueur et al. 2012, Andrade et al. 2019). No estudo realizado no Cerrado durante a rebrota após o fogo, registrou um acréscimo na taxa de consumo de alguns herbívoros, principalmente por insetos mastigadores como formigas-cortadeiras-de-folhas, lagartas e gafanhotos (Lopes & Vasconcelos 2011). Em outro estudo, observaram que o fogo causou mudanças na qualidade nutricional das folhas de rebrota da espécie *Bauhinia brevipes*, contribuindo na tolerância e resistência aos insetos mastigadores, mas não evitou o consumo por insetos galhadores (Andrade et al. 2019). Dessa forma, o fogo no Cerrado pode ter efeitos distintos para os herbívoros e nas espécies vegetais presentes.

As formigas-cortadeiras-de-folhas utilizam plantas pertencentes a muitas famílias como substrato para o cultivo de seu fungo simbiote (Cherrett 1968, Costa et al. 2019, Gerhold et al. 2019). Embora possuam um comportamento generalista e explorem cerca de 50% ou até mais das espécies de plantas locais, têm preferência por certas espécies (Cherrett 1972, Vasconcelos & Fowler 1990, Gerhold et al. 2019). Essas formigas ainda usam diferentes partes vegetais, frescas ou secas como folhas, flores, frutos, entretanto o uso das folhas novas é consideravelmente maior (Rockwood 1975, Costa et al. 2019). Por exemplo, a espécie *Atta laevigata* em regra seleciona espécies vegetais com concentrações significativamente maiores de N, P, K, Zn e Cu e colhem principalmente folhas novas (Mundim et al. 2009).

Em geral, as formigas do gênero *Atta* ou saúvas ajustam o forrageio em função da disponibilidade, qualidade e distribuição dos recursos em seu território (Vasconcelos & Cherrett 1997, Costa et al. 2019). Normalmente, como as plantas pioneiras dispõem de maior teor de nutrientes e baixo nível de defesas químicas, tendem a ser mais utilizadas pelas saúvas (Coley & Barone 1996, Farji-brener 2001, Dohm et al. 2011). Em locais com maior abundância de pioneiras ocorre o aumento do número de colônias dessas formigas, registrando maiores taxas de herbivoria (Wirth et al. 2007, Meyer et al. 2009, Vieira-Neto & Vasconcelos 2010, Leal et al. 2014). Por exemplo, em ambientes perturbados da Mata Atlântica registrou-se maior abundância de colônias de *Atta cephalotes* e, conseqüentemente, maiores danos foliares em espécies pioneiras, principalmente na borda (Urbas et al. 2007, Falcão et al. 2010). Na Amazônia, em ambiente em regeneração, a mudança na composição da vegetação provocou variações na composição da dieta de *Atta laevigata*, que se manteve relacionada a abundância de plantas preferidas (Vasconcelos 1997).

Embora já tenha sido registrado como as alterações geradas por perturbações ambientais em florestas refletem no forrageio das formigas-cortadeiras-de-folhas, ainda não se conhece qual o efeito de queimadas no Cerrado, um bioma savânico, onde o fogo é um elemento

histórico e natural. Neste sentido, investiguei como a perturbação do fogo influencia no padrão de seleção das colônias de *Atta laevigata*, após dois anos do evento de queima. Mais especificamente, (i) verifiquei quais foram as mudanças causadas pelo fogo na diversidade da vegetação, (ii) avaliei se houve alteração na abundância relativa entre espécies vegetais preferidas e rejeitadas pelas formigas, (iii) comparei a diversidade e a (iv) qualidade das plantas exploradas com os recursos disponíveis para as colônias. Minha hipótese é que o fogo influencia no padrão de forrageio das saúvas, em resposta a alteração da composição da vegetação, tornando-as menos seletivas durante o forrageio, devido ao aumento da abundância de espécies vegetais pioneiras após a queimada, semelhante ao que já foi observado em ecossistemas florestais perturbados (Farji-brener 2001, Falcão et al. 2010, Vasconcelos 1997).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Local e espécie de estudo**

Este estudo foi realizado na Reserva Ecológica do Panga (REP), Reserva Particular de Patrimônio Natural da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), com cerca de 400 ha e localizada a 30 km ao sul de Uberlândia-MG (19° 11' 4.83"S / 48° 23' 37.46"O). A região possui clima tropical, com duas estações bem definidas: uma estação chuvosa (de outubro a abril) e outra seca (maio a setembro), a precipitação anual de 1300 a 1600 mm e a temperatura média anual de 20–22 °C (Alvares et al. 2013). A vegetação encontrada na REP é típica do bioma Cerrado, com fitofisionomias que variam de ambientes campestres à florestais, mas formações de savana são predominantes (Cardoso et al. 2009, Gonçalves et al. 2021).

Desde a criação da reserva em 1986, a UFU adota uma política de fogo-zero implantando medidas para impedir eventos de queimadas na área, sem o estabelecimento de nenhum manejo controlado de fogo. Todavia, apesar das medidas estabelecidas ocorreram incêndios eventuais

na reserva, o último foi registrado em 2017 e queimou aprox. 80% da reserva (Delegá 2017). Para este estudo, escolhi uma área de cerrado sentido restrito (sensu Oliveira-Filho & Ratter 2002), a qual foi parcialmente queimada durante o incêndio de 2017. Na porção não queimada, praticamente não há outros registros de incêndios desde a fundação da reserva, na sua vegetação há dominância arbustivo-arbórea, com cobertura de ~60%, com pouca presença de gramíneas e outras herbáceas. Na área queimada houve alguns incêndios, mas o evento de queima em 2017 foi mais expressivo e intenso. Pois, ocorreu na primeira quinzena de setembro, ou seja, durante a estação seca, quando há maior quantidade de acúmulo de biomassa seca. Além disso, geralmente nesse período as temperaturas são mais altas e umidade do ar menor. A área queimada apresenta uma aparente redução na estrutura da vegetação lenhosa, com o entouceiramento de arbustos e árvores após a rebrota (Moreira 2000) e maior presença do estrato herbáceo-graminoso.

*Atta laevigata* F. Smith, 1858 (Formicidae: Attini) é uma espécie de formiga-cortadeira-de-folhas, conhecida como saúva-cabeça-de-vidro (Fig. 1). Espécie com ampla distribuição na América do Sul, especialmente nas áreas mais secas (Weber 1966). No bioma Cerrado possui dominância nas fitofisionomias savânicas (Costa & Vieira-Neto 2016). Os ninhos são profundos, com abundância de câmaras e túneis, caracterizados pela formação de um murundu de solo depositado, resultante da atividade de escavação das formigas (Moreira et al. 2004). Como outras espécies de saúvas, as colônias de *A. laevigata* estabelecem o sistema de trilhas a partir de olheiros (orifícios de entrada e saída das formigas), que permite o monitoramento e coleta do material vegetal, destinado ao cultivo do fungo simbiótico, que alimenta a colônia (Bouchebti et al. 2018). Na local de estudo, selecionei 10 colônias adultas de *A. laevigata* (área de murundu > 2 m<sup>2</sup> e presença da casta de soldados; sensu Costa et al. 2008) com área média do murundu de 23,9 ± 8,5 m (±DP). Destas colônias, metade estavam estabelecidas na porção perturbada pelo fogo, enquanto as demais estavam na parte não queimada (controle; Fig. 1).

Neste trabalho, essa espécie foi escolhida por ser abundante e predominante no cerrado sentido restrito da REP (Costa & Vieira-Neto 2016).

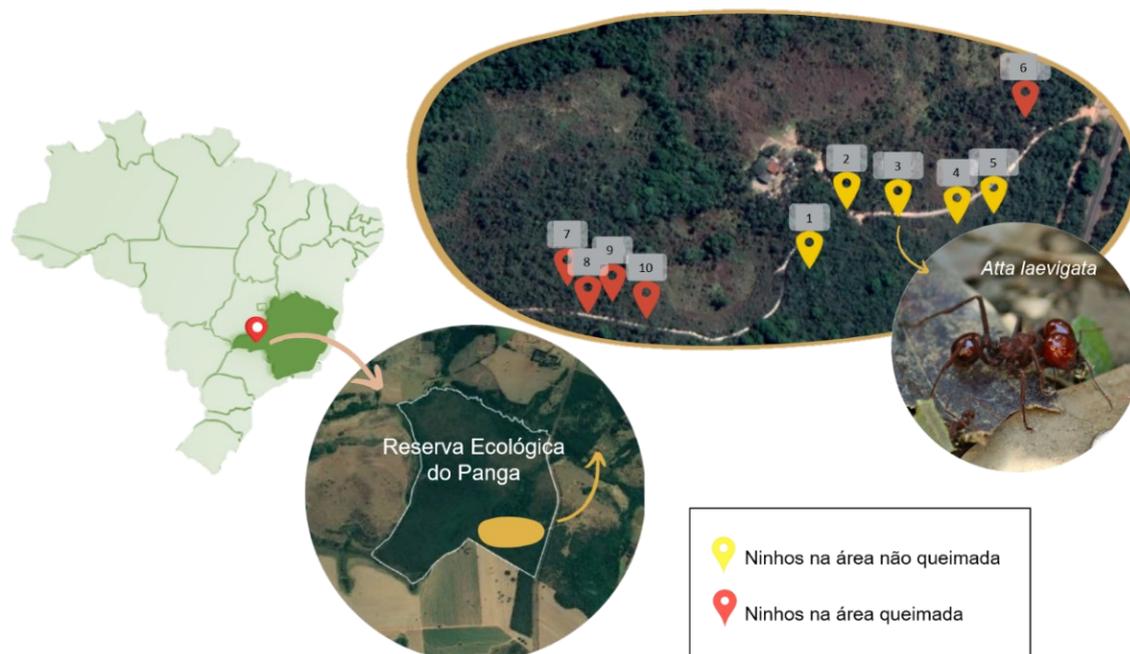


Figura 1. Localização das colônias da espécie *Atta laevigata* na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG.

## 2.2. Diversidade florística pré e pós-fogo

Para verificar se o incêndio ocorrido em 2017 modificou a composição da vegetação, comparei a diversidade florística encontrada na área em 2008 (pré-fogo; A.N. Costa e E.H.M. Vieira-Neto, dados não publicados) com a de 2019 (pós-fogo), tanto na porção queimada como na não queimada da área de estudo. No levantamento florístico de 2008 foram estabelecidas 20 parcelas lineares com transectos de  $1 \times 90$  m, dentro das quais foram registradas todas as plantas lenhosas com altura  $\geq 50$  cm (Fig. 2a). Entre essas parcelas foram escolhidas apenas 7, devido à distribuição próximas ou sobrepostas a área de forrageio das colônias focais. Em 2019, foi realizado novo levantamento florístico, utilizando técnica e parâmetros similares ao levantamento de 2008. Na área de forrageio de cada colônia, estabeleci 8 transectos lineares (1

× 60 m), posicionados a partir do ninho e direcionados pelos pontos cardiais (N, S, L e O) e colaterais (NE, NO, SE, SO; Fig. 2b). Nestes registrei todas as plantas lenhosas com altura  $\geq$  50 cm. As plantas foram identificadas através de comparações de amostras com coleções de referência e com o auxílio de especialistas. Os nomes de famílias e espécies foram confirmados no banco de dados Flora do Brasil (Flora do Brasil, 2020).

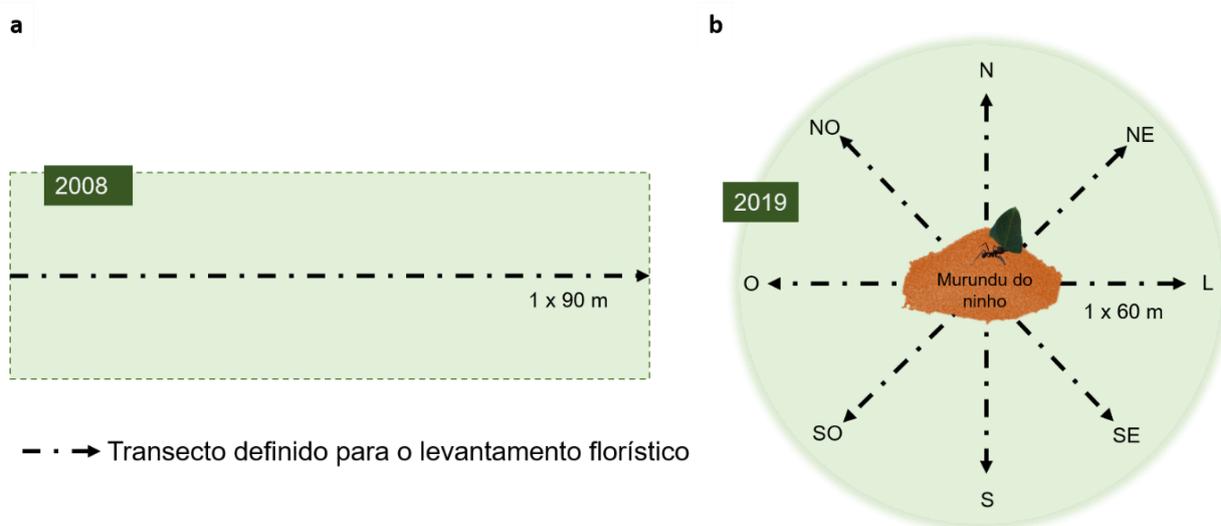


Figura 2. Levantamento florístico a) pré-fogo realizado em 2008 estabelecendo parcelas com transectos lineares de  $1 \times 90$  m, onde foram registradas todas as plantas lenhosas com altura  $\geq$  50 cm. b) pós-fogo realizado em 2019 com os transectos lineares ( $1 \times 60$  m) estabelecidos a partir do murundu do ninho, na área de forrageio das 10 colônias (metade na área queimada e as demais na porção não queimada), direcionados por pontos cardiais e colaterais. Em todos os transecto as plantas lenhosas com altura  $\geq$  50 cm foram registradas.

Para avaliar se a perturbação gerada pelo fogo trouxe mudanças na qualidade da vegetação para as saúvas, classifiquei as espécies vegetais e comparei sua abundância em 2008 (pré-fogo) e 2019 (pós-fogo). A classificação foi realizada com base na lista de preferência elaborada por Costa et al. (2019). Segundo esta classificação, as plantas foram agrupadas em três categorias: (i) espécies preferidas – aquelas em que seu uso relativo pelas colônias (i.e., percentual do número total de plantas atacadas) tende a ser maior que o dobro de sua

disponibilidade relativa na área de forrageio (i.e., percentual do número total de plantas disponíveis); (ii) espécies rejeitadas – aquelas com uso relativo menor que metade da sua disponibilidade relativa; e (iii) espécies neutras – aquelas exploradas conforme a sua disponibilidade relativa (Anexo 1).

### 2.3. Comparação entre recursos disponíveis e seu uso pelas colônias

Para mensurar a diversidade de plantas exploradas por *A. laevigata* na área de estudo, monitorei a atividade de forrageio das 10 colônias por 12 meses (outubro/2019 a setembro/2020). Ao longo da área de forrageio de cada colônia estabeleci 5 transectos lineares ( $2 \times 40$  m) posicionados paralelamente e distantes 10 m entre si. Em cada transecto, os arbustos e árvores cortados pelas formigas foram marcados e identificados em intervalos de 2 meses (Fig. 3). As plantas cortadas pelas saúvas foram localizadas através de marcas características causadas pelas operárias durante a desfolha, como cortes semicirculares nas folhas e nos ramos (Fig. 3; sensu Vasconcelos 1997; Costa et al. 2019).

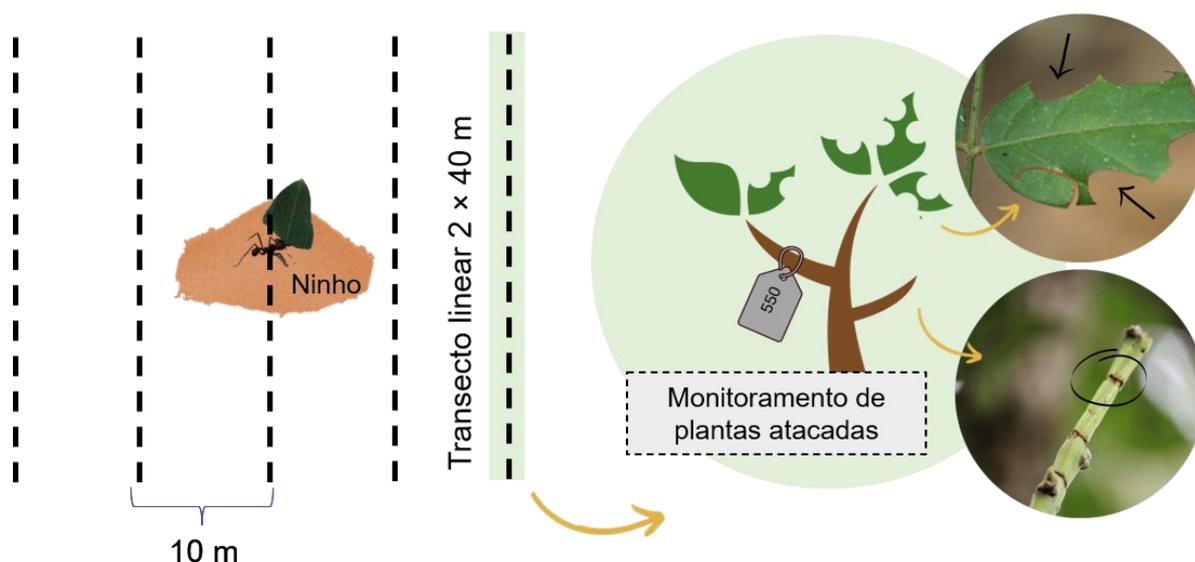


Figura 3. Monitoramento das plantas cortadas pelas 10 colônias de *A. laevigata* (5 situadas na área queimada em 2017 e 5 na área não queimada). Na área de forrageio de cada colônia foram estabelecidos

5 transectos lineares ( $2 \times 40$  m), distantes 10 m entre si, onde as plantas que apresentavam marcas de cortes ocasionados pelas formigas foram marcadas com placas a cada 2 meses no período de 1 ano.

Para verificar se havia diferença na qualidade química do material vegetal usado na dieta das colônias em comparação com o disponível no ambiente, comparei a concentração do teor de macro e micronutrientes dos fragmentos coletados pelas operárias com a da folhagem das plantas presentes ao redor dos ninhos. Para amostrar os fragmentos vegetais cortados e transportados pelas formigas selecionei uma trilha de forrageio para cada colônia. Em um ponto fixo desta trilha, aprox. 50 cm do olheiro, coletei por 3 min os fragmentos transportados pelas formigas até o ninho, repetindo a coleta a cada 3 h durante 24 h, para permitir amostrar os diferentes recursos explorados pelas formigas durante um dia e em quantidade satisfatória, necessária para análise química (Fig. 4a). Os fragmentos coletados ao longo das 24 (h) foram reunidos formando uma amostra única por colônia. Também coletei uma amostra aleatória de folhas de arbustos e árvores em 10 pontos estabelecidos ao longo da trilha, para determinar a qualidade geral dos recursos disponíveis (Fig. 4b). Em cada ponto, coletei 5 folhas (novas e maduras) das plantas em diferentes alturas (0,5 até 3 m), já que, as formigas exploram plantas de diferentes alturas indiscriminadamente (Mundim et al. 2009). A coleta do material vegetal (dieta e disponível) foi feita em março de 2020 (estação chuvosa) e repetida em agosto do mesmo ano (estação seca) para avaliar um potencial efeito da sazonalidade nos resultados. No laboratório, as amostras foram lavadas com água destilada e secas a temperatura ambiente. Posteriormente, foram realizadas as análises químicas para determinação da concentração de nutrientes foliares (macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S; e micronutrientes: B, Cu, Fe, Mn e Zn). A análise das amostras foi feita pela empresa Safrar Análises Agrícolas, Uberlândia-MG, seguindo os procedimentos padrão adotados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola (Carmo et al. 2000).

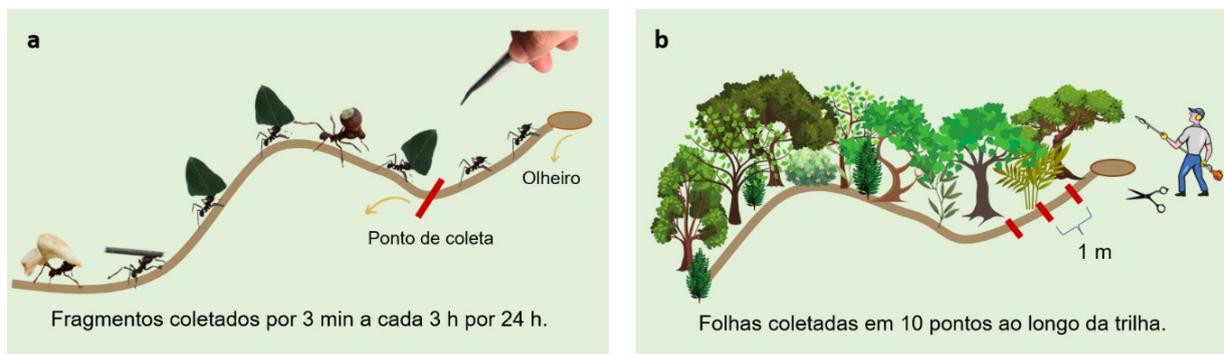


Figura 4. Coleta de material vegetal para análise da qualidade química. a) Coleta de fragmentos vegetais cortados e carregados pelas formigas em um ponto fixo da trilha, em todas as 10 colônias (5 situadas na área queimada em 2017 e 5 na área não queimada na Reserva Ecológica do Panga). b) Coleta de folhas na vegetação ao longo da trilha, realizada em 10 pontos, distanciados em 1 m entre si.

#### 2.4. Análise estatística

Para verificar se houve mudanças na riqueza e densidade de espécies lenhosas entre os levantamentos de 2008 e 2019, realizei o teste de Análise de Variância (ANOVA) e o teste a *posteriori* de Tukey para comparações par-a-par. Para avaliar se ocorreu mudança na composição florística realizei o teste de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS) com o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis. Para avaliar a abundância relativa de espécies vegetais preferidas e rejeitadas por *A. laevigata* entre 2008 e 2019, comparei o percentual das plantas preferidas e rejeitadas entre os anos usando uma Análise de Variância (ANOVA) e o teste a *posteriori* de Tukey para comparações par-a-par. Através do teste de Correlação de Spearman verifiquei a relação entre a abundância relativa das espécies vegetais na área de forrageio e seu uso pelas colônias. Já para avaliar se a qualidade nutricional dos recursos vegetais colhidos por *A. laevigata* se diferenciava do que há de disponível no ambiente entre as áreas (queimada e não queimada) e na estação (seca e chuvosa) utilizei um Modelo Linear Misto com as variáveis recurso (disponível e coletado), fogo (queimado e não queimado) e a estação (chuvosa e seca) e como fator fixo o ninho. Para os elementos (N, K, Fe, Mn, Ca e Zn) que não possuíam distribuição normal foi usada a transformação de log. As análises foram

realizadas no programa estatístico Systat v.12 (Systat, 2007) e no Software R v. 4.1.0 (R Core Team 2021).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Diversidade florística pré e pós-fogo

No levantamento florístico de 2008 (pré-fogo) foram registrados 2.688 arbustos e árvores de 114 espécies e 39 famílias (Anexo 2). No levantamento de 2019 (pós-fogo) registrou-se 4.267 plantas de 121 espécies de 42 famílias na área de forrageio das colônias da porção não queimada, enquanto na área queimada registrou-se uma abundância e riqueza totais aparentemente maiores, com 5.860 plantas de 131 espécies de 45 famílias (Anexo 2). Contudo, considerando um mesmo esforço amostral, a riqueza de plantas não diferiu entre os tratamentos ( $F_{2,14} = 0,953$  e  $P = 0,409$ ; Fig. 5a). Por outro lado, a abundância de plantas diferiu entre os tratamentos ( $F_{2,14} = 19,972$  e  $P < 0,001$ ) e apresentou uma redução na densidade de 2008 para 2019, porém sem existir diferença entre a área queimada e não queimada em 2019 (Fig. 5b).

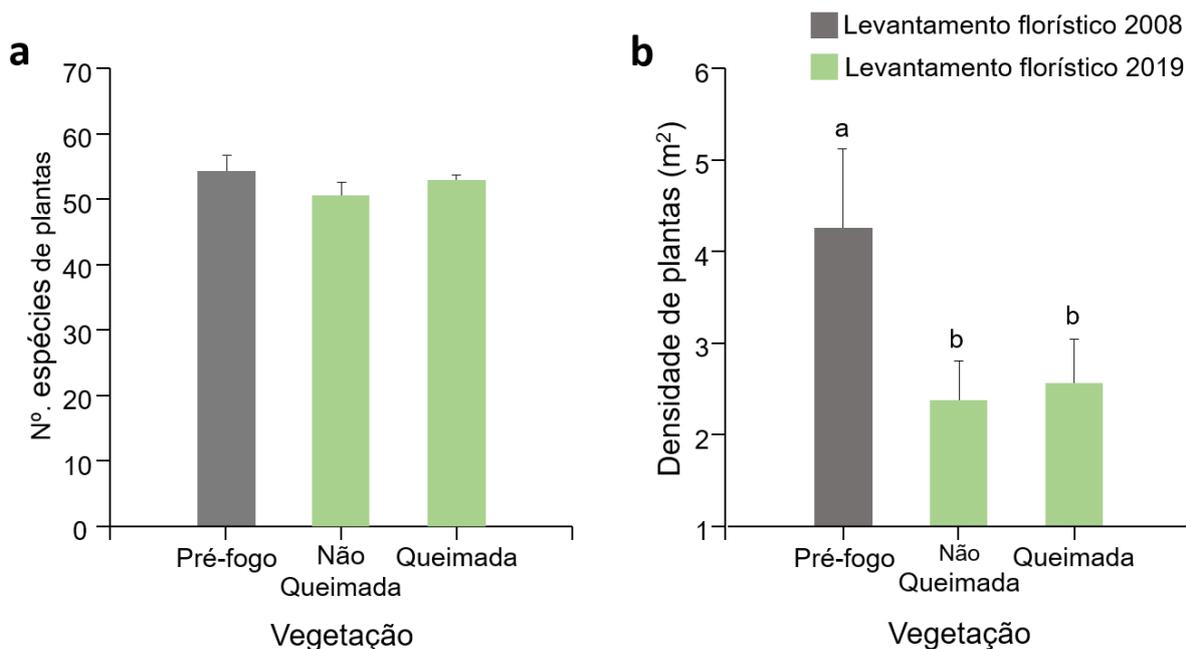


Figura 5. Parâmetros da diversidade de arbustos e árvores amostrados em área de cerrado sentido restrito, na Reserva Ecológica do Panga. a) Riqueza registrada para um mesmo esforço amostral (295 plantas); b) Densidade de plantas. Os levantamentos florísticos foram realizados em 2008 (pré-fogo) e repetido em 2019 (pós-fogo) na área de forrageio de 10 colônias de saúvas. Metade das colônias situavam-se na área queimada em 2017, enquanto as demais na parte não queimada. Os valores estão apresentados como média (barras) e desvio padrão (linhas verticais); letras diferentes indicam diferenças significativas em comparações par-a-par ( $P \leq 0,05$ ).

No geral, a composição florística das áreas mudou entre os anos, todavia a mudança foi mais expressiva na área de forrageio das colônias na porção queimada (Fig. 6). A similaridade média da composição florística entre 2008 e 2019 para as colônias da área não queimada foi de  $73,6 \pm 3,2\%$  ( $\pm$  DP), enquanto para as colônias da porção queimada a similaridade foi menor,  $62,9 \pm 3,9\%$ . Aparentemente, o fogo reduziu a qualidade da vegetação para as saúvas. Visto que, na comparação florística pré e pós-fogo registrou-se uma redução significativa na abundância relativa de espécies vegetais preferidas pelas saúvas na área queimada, enquanto na área não queimada o percentual se manteve no mesmo patamar entre os anos de 2008 e 2019 ( $F_{2,14} = 12,234$  e  $P < 0,001$ ; Fig. 7a). Associada a essa mudança ainda ocorreu aumento

significativo na abundância relativa de espécies rejeitadas após o incêndio, enquanto na área não queimada houve queda em comparação a 2008 ( $F_{2,14} = 4,281$  e  $P = 0,03$ ; Fig. 7b).

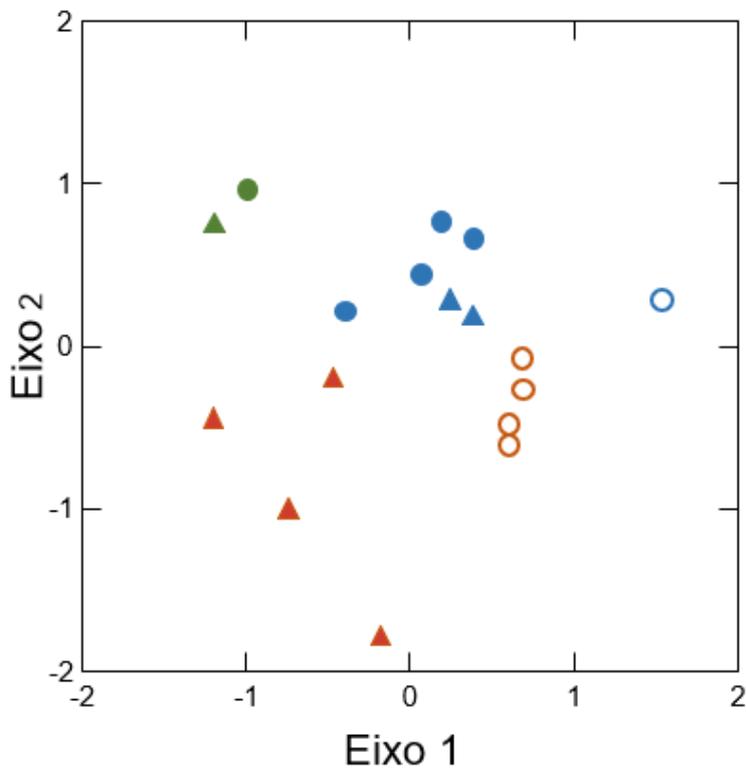


Figura 6: Comparação da composição florística de 2008 (triângulos) e 2019 (círculos) amostrada na área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. Parte desses pontos estão localizados na área queimada em 2017 (círculos sem preenchimento), enquanto os demais situam se na área não queimada (círculos preenchidos). Símbolos de mesma cor indicam a proximidade geográfica entre os pontos amostrados nos diferentes anos (Estresse = 0,115).

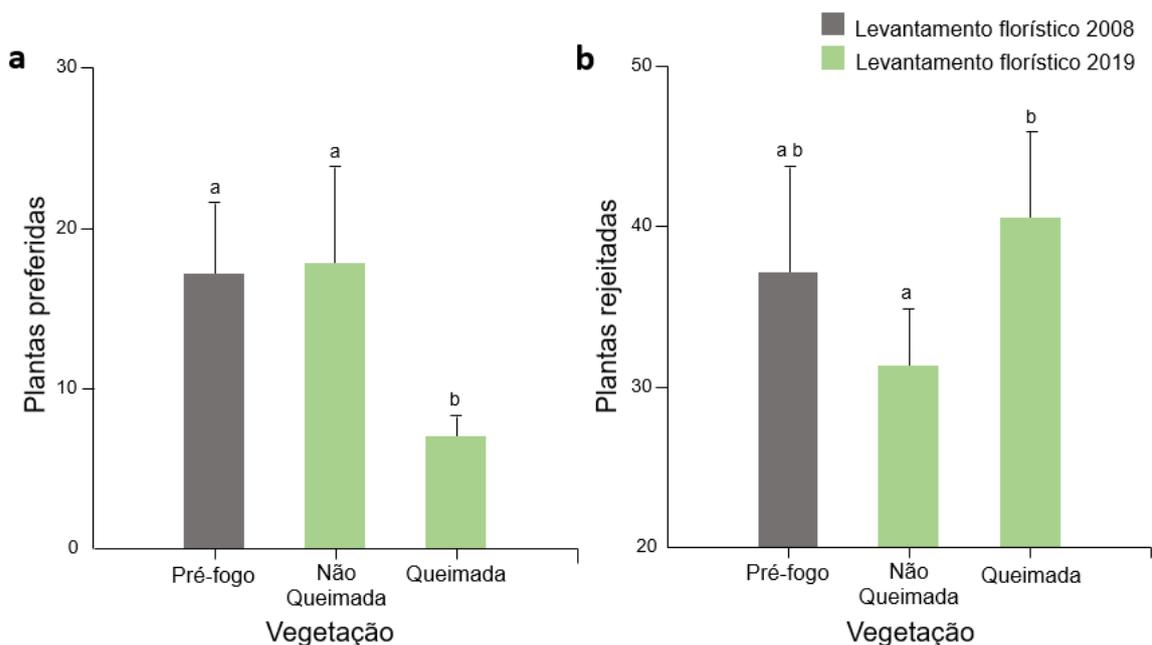


Figura 7. Variação na abundância de plantas preferidas e rejeitadas (sensu Costa et al. 2019) entre os anos de 2008 e 2019 na área de forrageio das 10 colônias de *Atta laevigata*, estabelecidas em cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. a) Disponibilidade de plantas preferidas. b) Disponibilidade de plantas rejeitadas. Os valores estão apresentados como média (barras) e desvio padrão (linhas verticais); letras diferentes indicam diferenças significativas em comparações par-a-par ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.2. Diversidade e qualidade da dieta

No monitoramento das espécies vegetais exploradas pelas 10 colônias de saúvas foram registrados 6.100 arbustos e árvores atacados, de 120 espécies e 45 famílias. Na área não queimada foram 3.349 plantas cortadas de 80 espécies e 36 famílias. Dentre as espécies mais utilizadas destacaram-se: *Siparuna guianensis*, *Miconia albicans*, *Maprounea guianensis*, *Hirtella gracilipes* e *Copaifera langsdorffii*. Já na área queimada foram registradas 2.751 plantas de 105 espécies e 43 famílias. As espécies mais utilizadas foram: *Miconia albicans*, *Virola sebifera*, *Matayba guianensis*, *Xylopia aromatica* e *Qualea grandiflora*. De modo geral, encontrei uma correlação positiva entre a disponibilidade das espécies de plantas no ambiente e sua utilização pelas saúvas, independentemente da localização das colônias. No entanto, a

relação entre a disponibilidade dos recursos e seu uso na dieta pelas colônias foi mais fraca na área queimada ( $r_s = 0.302$ ,  $n = 438$  e  $P < 0,01$ ; Fig. 8b) do que na área não queimada ( $r_s = 0.521$ ,  $n = 401$  e  $P < 0,01$ ; Fig. 8a).

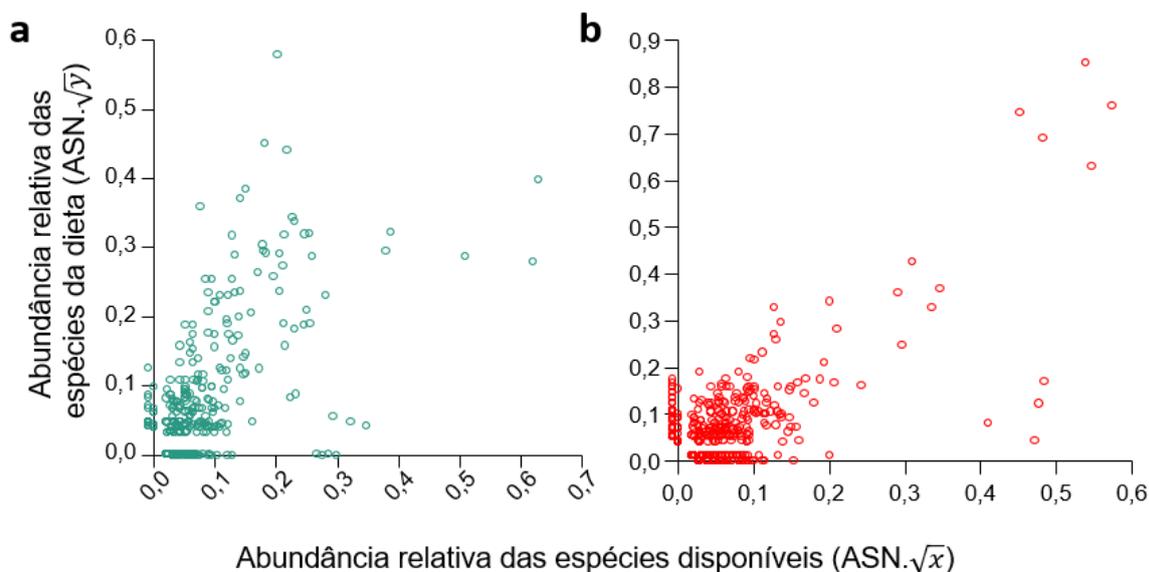


Figura 8. Relação entre a abundância de espécies de plantas disponíveis na área de forrageio e sua participação na dieta de colônias da *Atta laevigata* na Reserva Ecológica do Panga. a) Colônias localizadas em área de cerrado sentido restrito não queimada; b) Colônias situadas na porção queimada em 2017. Dados foram transformados para permitir uma melhor visualização.

Frequentemente, o material vegetal coletado pelas colônias de *A. laevigata* apresentou concentrações de nutrientes maiores do que o disponível na sua área de forrageio, com diferença significativa para alguns macro e micronutrientes (Fig. 9 e 10; Tabela 1). Na estação chuvosa as concentrações dos nutrientes tanto na vegetação disponível quanto nos fragmentos coletados pelas formigas foram maiores para a maioria dos elementos em relação à estação seca (Fig. 9 e 10, tabela 1). Provavelmente porque nesse período há maior disponibilidade de folhas novas no ambiente, recurso mais nutritivo. Além disso, na área queimada as concentrações dos nutrientes tenderam a ser menores que na área não queimada, com diferença significativa para alguns macro e micronutrientes (Fig. 9 e 10; Tabela 1).

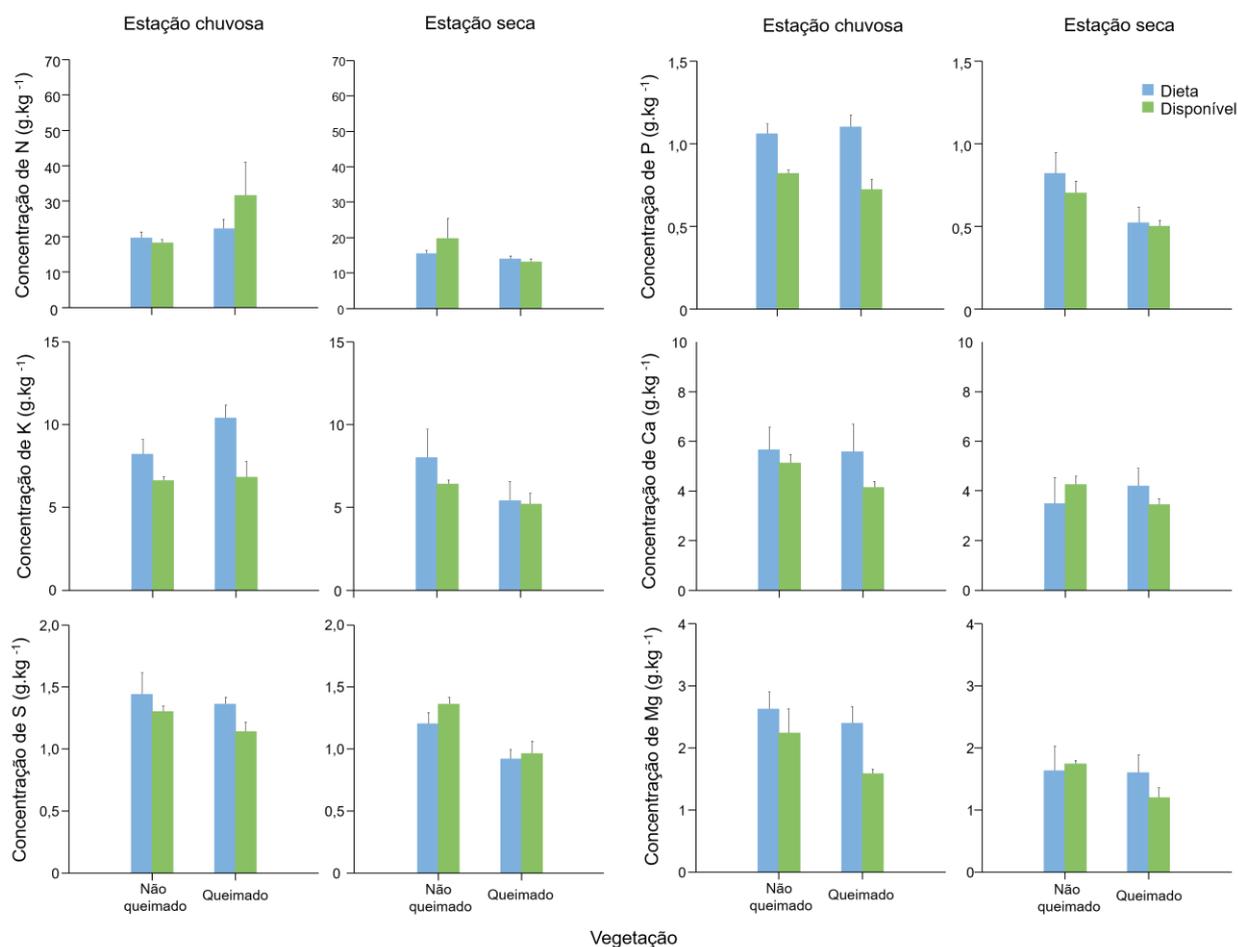


Figura 9: Teor de macronutrientes dos fragmentos cortados (dieta) pelas 10 colônias de *Atta laevigata* e das folhas coletadas na vegetação (disponível) da área de forrageio. As amostras foram coletadas na estação chuvosa e seca. Metade das colônias estavam na área queimada em 2017 e as demais na área não queimada. As barras representam a concentração média de cada elemento e as linhas verticais o erro padrão.

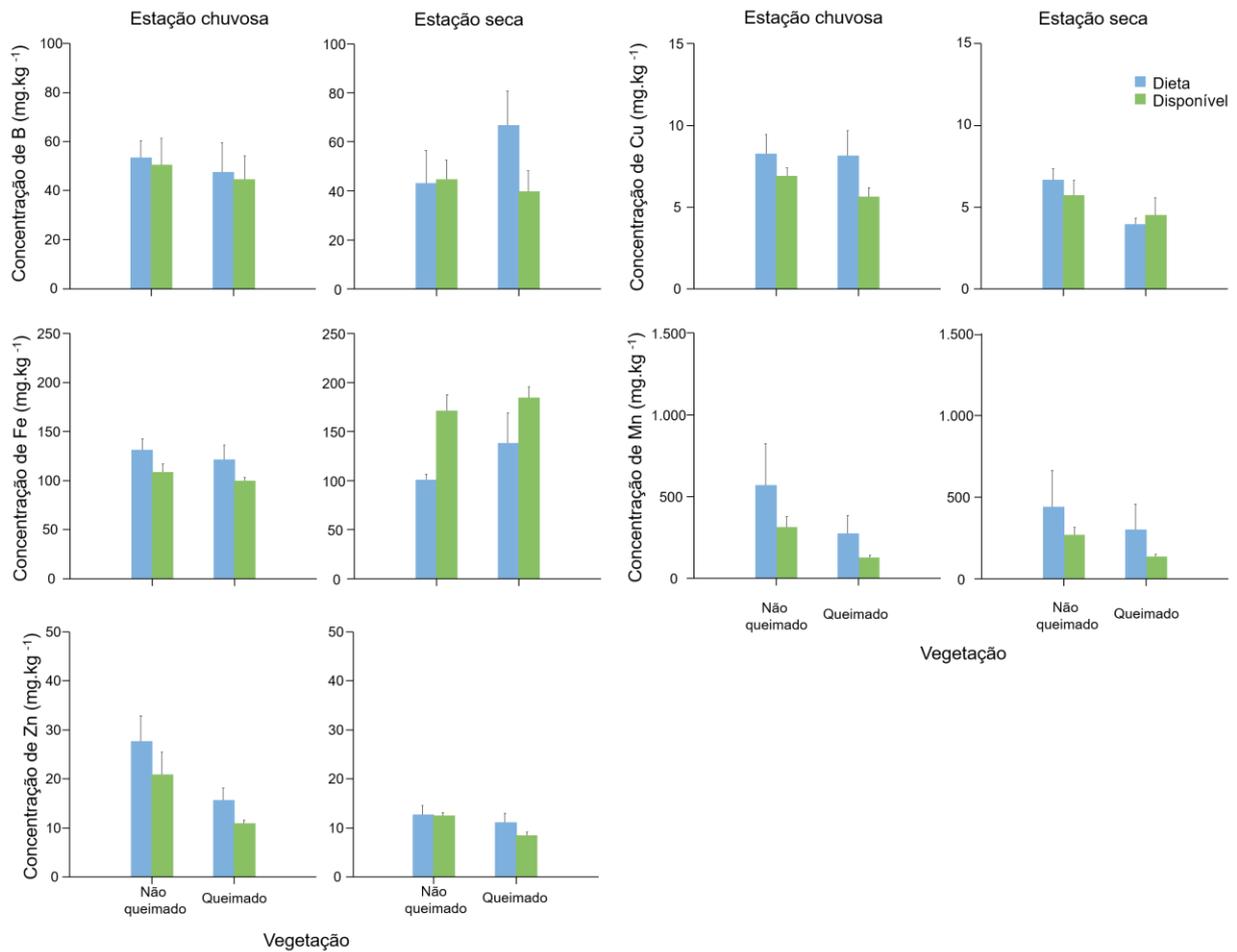


Figura 10: Teor de micronutrientes dos fragmentos cortados (dieta) pelas 10 colônias de *Atta laevigata* e das folhas coletadas na vegetação (disponível) da área de forrageio. As amostras foram coletadas na estação chuvosa e seca. Metade das colônias estavam na área queimada e as demais na porção não queimada. As barras indicam a concentração média de cada elemento e as linhas verticais o erro padrão.

Tabela 1: Resultados do modelo linear misto usado para comparar a qualidade nutricional dos fragmentos coletado pelas formigas (dieta) com o recurso disponível na área de forrageio das colônias de *Atta laevigata*. Metade das colônias estavam estabelecidas na área de cerrado sentido restrito com vegetação não queimada e as demais na porção queimada em 2017 (fator fogo). Foram efetuadas duas coletas, uma por estação do ano (fator estação).

<b>Elementos</b>	<b>Material vegetal</b> (Dieta/Disponível)	<b>Fogo</b> (Queimada e Não queimada)	<b>Estação</b> (Chuvosa/ Seca)
N (g/kg)	$F_{1,34} = 0,410$ ; $p = 0,52$	0,120; $p = 0,72$	13,566; $p < 0,001$
P (g/kg)	$F_{1,34} = 13,180$ ; $p < 0,001$	7,156; $p = 0,001$	30,705; $p < 0,001$
K (g/kg)	$F_{1,34} = 4,028$ ; $p = 0,04$	0,655; $p = 0,41$	8,770; $p = 0,001$
S (g/kg)	$F_{1,34} = 0,397$ ; $p = 0,52$	13,124; $p < 0,01$	9,924; $p < 0,001$
Ca (g/kg)	$F_{1,34} = 0,162$ ; $p = 0,68$	0,212; $p = 0,64$	9,612; $p = 0,001$
Mg (g/kg)	$F_{1,34} = 5,220$ ; $p = 0,02$	3,553; $p = 0,05$	16,975; $p < 0,001$
Cu (mg/kg)	$F_{1,34} = 4,223$ ; $p = 0,03$	2,533; $p = 0,11$	15,336; $p < 0,001$
Fe (mg/kg)	$F_{1,34} = 2,294$ ; $p = 0,12$	0,215; $p = 0,64$	6,4025; $p = 0,01$
Mn (mg/kg)	$F_{1,34} = 2,962$ ; $p = 0,08$	5,510; $p = 0,01$	1,038; $p = 0,30$
Zn (mg/kg)	$F_{1,34} = 5,370$ ; $p = 0,02$	21,559; $p < 0,001$	25,854; $p < 0,001$
B (mg/kg)	$F_{1,34} = 1,448$ ; $p = 0,22$	0,057; $p = 0,81$	0,004; $p = 0,94$

#### 4. DISCUSSÃO

Diversos estudos tem registrado que perturbações em ambientes florestais promovem um aumento da abundância de plantas pioneiras, podendo favorecer as formigas-cortadeiras-de-folhas (Farji-Brener 2001, Urbas et al. 2007, Meyer et al. 2009). Pois, em geral, as espécies pioneiras são mais palatáveis e mais exploradas pelas saúvas (Falcão et al. 2010). Assim, nos ambientes perturbados essas formigas podem se tornar menos seletivas devido ao aumento da abundância de espécies mais preferidas (Vasconcelos 1997). Nesse estudo registrei que a perturbação pelo fogo no Cerrado também causou alteração na composição florística, no entanto, essa mudança parece não beneficiar as saúvas, na mesma linha do que tem sido relatado em ambientes florestais. Mais que isso, o impacto das mudanças ocorridas na vegetação acarretou numa resposta no comportamento das formigas, que foi no sentido oposto ao esperado.

Na REP são adotadas medidas de proteção contra o fogo desde sua criação em 1986, o que pode ter contribuído para o estabelecimento de espécies comuns às fisionomias florestais, favorecendo a modificação com o tempo de um ambiente de cerrado típico para o cerrado denso. Pois, estudos confirmam que a proteção de fragmentos do Cerrado contra o fogo contribuiu para a maior abundância de plantas lenhosas e o estabelecimento de espécies sensíveis ao fogo (Moreira 2000, Fidelis 2020). Nesse sentido, um estudo que avaliou as mudanças na estrutura da vegetação da REP entre 2005 e 2019 registrou que no ambiente de cerrado stricto sensu houve redução do cerrado ralo, de 34,2% para 7,7% enquanto aumentou o cerrado denso, de 6,9% para 39,8% (Gonçalves et al. 2021).

O fogo é um elemento natural do bioma Cerrado responsável por alterar a estrutura e a composição da comunidade vegetal, gerando efeitos diferentes dependendo da fitofisionomia e das espécies vegetais presentes (Berlinck & Batista 2020, Durigan 2020). Conforme os resultados encontrados, o fogo não afetou a densidade e nem a riqueza de espécies lenhosas na área de forrageio das colônias, visto que, não foi encontrada diferença significativa entre as áreas. Contudo, ele mudou a composição florística da área queimada em 2017. A passagem do fogo provocou a substituição e/ou diminuição de algumas espécies. Como já foi relatado, no Cerrado há muitas espécies com adaptações para sobreviver aos incêndios, porém o fogo pode provocar a morte de alguns indivíduos, principalmente das espécies sensíveis (Eiten 1972, Durigan et al. 2020, Silva et al. 2020). Por exemplo, um estudo mostrou que espécies como *Dalbergia miscolobium*, *Kielmeyera grandiflora*, *Strichnos pseudoquina*, *Psidium firmum* e *Tabebuia aurea* são resistentes a queimada e seu estabelecimento pode ser favorecido após os incêndios (Lopes et al. 2009). Enquanto isto, outras espécies como *Myrsine umbellata*, *Ocotea corymbosa*, *Styrax camporum* e *Andira fraxinifolia*, demonstram baixa resistência ao fogo, apresentando taxa de mortalidade acima de 20% (Delegá 2017).

Aparentemente, a mudança na composição florística causada pelo fogo na área de forrageio das saúvas, caracterizou-se pela redução na qualidade geral da vegetação. Pois, ocorreu redução na abundância de espécies vegetais preferidas e acréscimo das plantas rejeitadas na área queimada. Entre as espécies preferidas da classificação de Costa et al. 2019, há espécies típicas de formações savânicas e outras que são mais comuns na savana densa ou mesmo nos ambientes florestais do Cerrado, que não exibem características de resistência ao fogo, por exemplo, o tronco de súber espesso (Souza et al. 2018). Dessa forma, parte das plantas preferidas pelas saúvas podem ser sensíveis ao fogo, por isso reduziram em abundância ou foram substituídas por novas espécies. Por exemplo, a espécie *Ocotea corymbosa* é considerada preferida e é sensível ao fogo (Costa et al. 2019, Delegá 2017).

Além disso, sabe-se que o conteúdo nutricional das folhas varia de espécie para espécie (Coley & Barone 1996). Na área queimada as concentrações de macro e micronutrientes da vegetação tenderam a ser menores, assim, as espécies sucessionais que apareceram após o fogo, podem ter folhas menos nutritivas que as plantas preferidas, menos abundantes. Ainda, as colônias da área queimada utilizaram uma maior diversidade de plantas e conforme registrado por Howard 1987 para a espécie *Atta cephalotes*, quando as colônias estão forrageando em local com folhas de qualidade inferior, tendem a visitar mais espécies, exibindo maior diversidade na dieta.

A espécie *A. laevigata* possui ampla distribuição geográfica na região neotropical e apresenta capacidade de ajustar seu forrageio conforme as variações na disponibilidade e qualidade dos recursos vegetais de seu território (Weber 1966, Vasconcelos 1997, Costa et al. 2019). Em ambiente de Cerrado não perturbado, essas formigas exibem um forrageio mais seletivo, sobretudo à medida que forrageiam distantes do ninho ou quando os recursos de melhor qualidade estão menos abundantes, como ocorre na estação seca (Costa et al. 2019). Já nos ambientes florestais perturbados com maior abundância de plantas pioneiras, caracterizadas

como mais nutritivas e menos defendidas, há maiores taxas de herbivoria (Farji-brener 2001, Urbas et al. 2007). De modo que, as saúvas nesses ambientes podem apresentar um forrageio menos seletivo, devido ao aumento da disponibilidade de recursos vegetais preferidos (Vasconcelos 1997). Entretanto, o efeito da perturbação do fogo no Cerrado foi diferente, pois promoveu a redução na qualidade da vegetação, diminuindo a abundância de plantas preferidas. Ainda, a relação entre a abundância de espécies da dieta e o disponível foi mais fraca para a área queimada, indicando que as colônias podem estar mais seletivas depois do fogo.

## 5. CONCLUSÃO

A passagem do fogo ocasionou uma mudança na composição florística, que aparentemente não foi positiva para as colônias de *A. laevigata*, sobretudo ao diminuir a qualidade da vegetação. Assim, os efeitos da perturbação pelo fogo no Cerrado diferem daqueles relatados nos ambientes florestais, onde plantas sucessionais são frequentemente preferidas e mais utilizadas por essas formigas, ocorrendo maior herbivoria. Nesse sentido, as plantas pioneiras do Cerrado podem exibir características que para as saúvas, as tornam menos palatáveis do que as pioneiras dos ambientes florestais.

## 6. REFERÊNCIAS

- Andrade, J. F., Batista, J. C., Pereira, H. S., Fernandes, G. W. & Santos, J. C. 2019. Fire mediated herbivory and plant defense of a neotropical shrub. *Arthropod-Plant Interactions* 13:489–498. <http://dx.doi.org/10.1007/s11829-018-9657-2>
- Banks, S. C., Cary, G. J., Smith, A. L., Davies, I. D., Driscoll, D. A., Gill, A. M., Lindenmayer, D. B. & Peakall, R. 2013. How does ecological disturbance influence genetic diversity? *Trends in Ecology and Evolution* 28:670–679. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2013.08.005>
- Berlinck, C. N. & Batista, E. K. L. 2020. Good fire, bad fire: it depends on who burns. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 268:1-4. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151610>
- Bond, W. J., Woodward, F. I. & Midgley, G. F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* 165:525–538. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>
- Costa, A. N., Vasconcelos, H. L., Vieira-Neto, E. H. M. & Bruna, E. M. 2008. Do herbivores exert top-down effects in neotropical savannas? Estimates of biomass consumption by leaf-cutter ants. *Journal of Vegetation Science* 19:849–854. <http://dx.doi.org/10.3170/2008-8-18461>
- Costa, A. N., Vasconcelos, H. L., Vieira-Neto, E. H. M. & Bruna, E. M. 2019. Adaptive foraging of leaf-cutter ants to spatiotemporal changes in resource availability in neotropical savannas. *Ecological Entomology* 44:227–238. <https://doi.org/10.1111/een.12697>
- Diniz, I. R. 2008. Efeito do fogo na abundância de insetos do Cerrado: o que sabemos? *Heringeriana*, Brasília 2(1):39–46. <https://www.researchgate.net/publication/259214550>
- Durigan, G. 2020. Zero-fire: Not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil. *Flora* 268:151612 1-5. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151612>
- Farji-Brener, A. G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos* 92(1):169–177. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.920120.x>
- Fidelis, A. 2020. Is fire always the “bad guy”? *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. Elsevier. 268:151611 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151611>

- Higgins, S., Bond, W. J., February, E. C., Bronn, A., Euston-Brown, D. I. W., Enslin, B., Govender, N., Rademan, L., O'regan, S., Potgieter, A. L. F., Scheiter, S., Sorry, R., Trollope, L. & Trollope, W. S. W. 2007. Effects of four decades of fire manipulation on woody vegetation structure in savanna. *Ecology* 88(5):1119–1125. <https://doi.org/10.1890/06-1664>
- Kruger F.J. (1984) Effects of fire on vegetation structure and dynamics. In: Booysen P.V., Tainton N.M. (eds) Ecological effects of fire in South African ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 48: 219-243. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-69805-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-69805-7_10)
- Lepesqueur, C., Morais, H. C. & Diniz, I. R. 2012. Accidental fire in the Cerrado : its impact on communities of caterpillars on two species of *Erythroxylum*. *Psyche* 2012:1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/101767>
- Lopes, C. T. & Vasconcelos, H. L. 2011. Fire increases insect herbivory in a neotropical savanna. *Biotropica* 43(5):612–618. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00757.x>
- Meyer, S. T., Leal, I. R. & Wirth, R. 2009. Persisting hyper-abundance of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) at the edge of an old Atlantic Forest fragment. *Biotropica* 41(6):711–716. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00531.x>
- Miranda H.S., Sato M.N., Neto W.N. & Aires F.S. (2009) Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. In: Tropical fire ecology. Springer Praxis Books. Springer, Berlin, Heidelberg. 427-450. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8_15)
- Moreira, A. G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. *Journal of Biogeography* 27:1021–1029. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00422.x>
- Mundim, F. M., Costa, A. N. & Vasconcelos, H. L. 2009. Leaf nutrient content and host plant selection by leaf-cutter ants, *Atta laevigata*, in a neotropical savanna. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 130:47–54. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00789.x>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Parr, C. L. & Andersen, A. N. 2006. Patch mosaic burning for biodiversity conservation : a critique of the pyrodiversity paradigm. *Conservation Biology* 20(6):1610–1619. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00492.x>
- Rykiel, E. J. 1985. Towards a definition of ecological disturbance. *Australian Journal of*

- Ecology* 10:361–365. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1985.tb00897.x>
- Seifan, M., Seifan, T., Jeltsch, F. & Tielbörger, K. 2012. Combined disturbances and the role of their spatial and temporal properties in shaping community structure. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 14:217–229. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/J.PPEES.2011.11.003>
- Silva, P. S. D., Bieber, A. G. D., Knoch, T. A., Tabarelli, M., Leal, I. R. & Wirth, R. 2013. Foraging in highly dynamic environments: leaf-cutting ants adjust foraging trail networks to pioneer plant availability. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 147:110–119. <http://dx.doi.org/10.1111/eea.12050>
- Smit, I. P. J., Asner, G. P., Govender, N., Kennedy-Bowdoin, T., Knapp, D. E. & Jacobson, J. 2010. Effects of fire on woody vegetation structure in African savanna. *Ecology applications* 20(7):1865–1875. <https://doi.org/10.1890/09-0929.1>
- Souza, V. C. Flores, T. B. Colletta, G. D. Coelho, R. L. G. 2018. Guia de plantas do Cerrado. Piracicaba, SP: Táxon Brasil editora e livraria, 585p. <https://www.researchgate.net/publication/325905989>
- Strassburg, B. B. N., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., Latawiec, A. E., Oliveira-Filho, F. J. B., Scaramuzza, C. A. M., Scarano, F. R., Soares-Filho, B. & Balmford, A. 2017. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution* 1:1–3. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>
- Turner, M. G. 2010. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology* 91(10):2833–2849. <https://doi.org/10.1890/10-0097.1>
- Urbas, P., Araújo, M. V., Leal, I. R. & Wirth, R. 2007. Cutting more from cut forests: edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants in Brazil. *Biotropica* 39(4):489–495. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00285.x>
- Vasconcelos, H. L. 1997. Foraging activity of an Amazonian leaf-cutting ant: responses to changes in the availability of woody plants and to previous plant damage. *Oecologia* 112:370–378. <http://dx.doi.org/10.1007/s004420050322>
- Veenendaal, E. M., Torello-Raventos, M., Miranda, H. S., Sato, N. M., Oliveras, I., Langevelde, F. V., Asner, G. P. & Lloyd, J. 2018. On the relationship between fire regime and vegetation structure in the tropics. *New Phytologist*:153–166. <https://doi.org/10.1111/nph.14940>
- Viana, L. R., Santos, J. C., Arruda, L. J., Santos, G. P. & Fernandes, G. W. 2004. Foraging patterns of the leaf-cutter ant *Atta laevigata* (Smith) (Myrmicinae: Attini) in an area of Cerrado vegetation. *Neotropical Entomology* 33(3):391–393.

<https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000300019>

## **CAPÍTULO 2**

### **ATIVIDADE DE FORRAGEIO DAS SAÚVAS EM ÁREA PERTURBADA PELO FOGO NO CERRADO**

## RESUMO

Os fatores ambientais são importantes na regulação do ritmo de atividade diária dos animais. Assim, alterações nos fatores bióticos, como a disponibilidade e a qualidade dos alimentos e abióticos, como a temperatura e a umidade, podem influenciar na atividade de forrageio. O forrageio dos insetos sociais é fortemente associado as condições ambientais. As formigas-cortadeiras-de-folhas, por exemplo, apresentam um comportamento de forrageio flexível, ajustado conforme as variações ambientais em suas áreas de forrageio. Dessa forma, as mudanças geradas por distúrbios como o fogo podem causar alteração no seu padrão de forrageio. Nesse trabalho verifiquei como a perturbação pelo fogo, em área de cerrado sentido restrito, afeta o padrão de forrageio da espécie *Atta laevigata*, mesmo após 2 anos do evento de queima. Os objetivos foram: comparar a atividade e o forrageio de colônias estabelecidas entre a área queimada e não queimada. Assim, (i) mensei alguns aspectos do sistema de trilhas de forrageio usado pelas colônias; (ii) medi o fluxo de operárias nas trilhas e (iii) a atividade de coleta realizada pelas colônias, e (iv) avaliei a relação entre a atividade com as variações de temperatura e umidade ao longo do ano. Entre os resultados encontrados: O sistema de trilhas de forrageio não diferiu entre a área queimada e não queimada. Em geral, as colônias mantiveram uma atividade de forrageio nas mesmas variações de temperatura e umidade relativa do ar. A espécie *A. laevigata* foi mais ativa à noite, especialmente na faixa de temperatura entre 20–25 °C e com umidade relativa do ar entre 70–85%. A atividade de coleta do material vegetal foi maior no final da estação seca e início da estação chuvosa, sobretudo no período de agosto a dezembro. As colônias da área queimada apresentaram atividade mais assíncrona, coletaram menor quantidade de fragmentos vegetais e durante a estação seca coletaram mais fragmentos secos em relação as colônias da área não queimada. Dessa forma, a perturbação causada pelo fogo na vegetação da área de forrageio das colônias parece não favorecer essa espécie de saúva como ocorre em outros ambientes perturbados.

**Palavras chaves:** ritmo de forrageio, *Atta laevigata*, sistema de trilhas, fluxo-de-formigas-cortadeiras, formigas-cortadeiras-de-folhas, Cerrado.

## ABSTRACT

Environmental factors are important in regulating the rhythm of daily activity in animals. Thus, changes in biotic factors, such as availability and quality of food and abiotics, such as temperature and humidity, can influence foraging activity. The foraging of social insects is strongly associated with environmental conditions. Leaf-cutter ants, for example, exhibit flexible foraging behavior, adjusted to environmental variations in their foraging areas. Thus, changes generated by disturbances such as fire can alter your foraging pattern. In this work I verified how the disturbance by fire, in an area of cerrado restricted sense, affects the foraging pattern of the *Atta laevigata* species, even after 2 years of the burning event. The objectives were: to compare the activity and foraging of colonies established between the burned and non-burned area. Thus, (i) I measured some aspects of the foraging trail system used by the colonies; (ii) measured the flow of workers on the trails and (iii) the collection activity carried out by the colonies, and (iv) evaluated the relationship between the activity and variations in temperature and humidity throughout the year. Among the results found: The foraging trail system did not differ between the burned and unburned area. In general, the colonies maintained a foraging activity under the same variations in temperature and relative humidity. The species *A. laevigata* was more active at night, especially in the temperature range between 20–25 °C and with relative humidity between 70–85%. Plant material collection activity was higher at the end of the dry season and the beginning of the rainy season, especially from August to December. Colonies in the burned area showed more asynchronous activity, collected less plant fragments and during the dry season collected more dry fragments compared to colonies in the non-burned area. Thus, the disturbance caused by fire in the vegetation in the colonies' foraging area does not seem to favor this species of saúva as it occurs in other disturbed environments.

Key-words: foraging rhythm, *Atta laevigata*, trail system, leaf-cutting ants flow, leaf-cutting ants, Cerrado.

## 1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos animais apresentam um ritmo de atividade diária regulado por fatores ambientais como o clima, o fotoperíodo, a disponibilidade de recursos, entre outros (Stelzer et al. 2010, Fattorini et al. 2019, Bustamante et al. 2020). O fotoperíodo serve para orientar as atividades, possibilita uma organização temporal diária e a antecipação às mudanças sazonais que ocorrem nos ambientes (Nelson et al. 2010, Lei et al. 2019). Dessa forma, os animais atravessam ciclos anuais de variações dos fatores abióticos (como temperatura e umidade) e bióticos (como a disponibilidade e qualidade dos alimentos) exibindo mudanças comportamentais e fisiológicas (Crist & MacMahon 1991, Košťál 2011, Caut et al. 2013) e ainda regulam tanto a intensidade quanto a duração da sua atividade de forrageio (Mildner & Roces 2017, Lei et al. 2019, Brito et al. 2020).

O forrageio dos insetos sociais é altamente influenciado pelo ambiente que vivem, especialmente pelas variações climáticas (Cornelius & Osbrink 2011, Clarke & Robert 2018, Sujimoto et al. 2019). Por meio do monitoramento de variáveis ambientais como a luz e a temperatura, esses insetos podem estabelecer os melhores horários para o seu forrageio (Cole et al. 2010, Narendra et al. 2010, Tan et al. 2012). Como exemplo a abelha *Apis mellifera* apresenta pouca atividade de forrageio quando há baixa temperatura e radiação solar (Clarke & Robert 2018). A formiga touro australiana *Myrmecia pyriformis* inicia seu forrageio somente no crepúsculo da noite, quando identifica uma intensidade de luz específica no ambiente (Narendra et al. 2010). No caso da formiga-cortadeira-de-folha *Atta capiguara* seu forrageio está associado a fatores como a temperatura e a umidade, sua atividade praticamente cessa em temperatura abaixo de 15 °C ou acima de 35 °C (Caldato et al. 2016).

As formigas-cortadeiras de folhas são herbívoros dominantes, distribuídos em diversos biomas da região neotropical, mas o seu sucesso depende da escolha de recursos adequados e de evitar potenciais ameaças (Bragança et al. 1998, Herz et al. 2008, Montoya-Lerma et al.

2012, Gerhold et al. 2019). As formigas percorrem suas áreas de forrageio sob constantes restrições bióticas e abióticas como forídeos parasitas, eventos de precipitação e vento fortes (Braganca et al. 2002, Alma et al. 2017, Sujimoto et al. 2019). Elas apresentam um forrageio a partir de um local central, o seu ninho e esse forrageio ocorre através de trilhas químicas e físicas (Rockwood & Hubbell 1987, Burd & Howard 2005). O sistema de trilhas caracteriza-se pelo conjunto de trilhas físicas estabelecidas na área de forrageio e permite rápida coleta de material vegetal e troca de informações entre as forrageiras (Farji-Brener et al. 2010, Bouchebti et al. 2018). Tais trilhas ainda contribuem para a contínua investigação dos recursos vegetais, que variam espaço-temporalmente no seu território (Fowler & Stiles 1980, Vasconcelos & Fowler 1990, Costa et al. 2019).

As colônias de formigas-cortadeiras-de-folhas exibem um forrageio ajustado de forma contínua (Giesel et al. 2013, Segev et al. 2014, Viana-Bailez & Endringer 2016). O padrão de forrageio desenvolve-se em decorrência das experiências iniciais, da distribuição espaço-temporal de plantas hospedeiras adequadas e de fatores como a sazonalidade e a predação interespecífica (Kost et al. 2005, Arenas & Roces 2016). O nível de atividade de forrageio pode mudar em função de variações sazonais na temperatura e umidade e na qualidade dos recursos vegetais disponíveis (Beraldo & Mendes 1982, Munique & Calixto 2018, Bustamante et al. 2020). Muitas dessas espécies de formigas forrageiam com temperatura entre 10 e 30 °C, e podem modificar o intervalo de atividade entre as estações do ano, permanecendo apenas diurnas ou noturnas (Farji-Brener & Ruggiero 1994) e também há variação nas taxas de coleta e no material vegetal colhido entre as estações (Vasconcelos 1997, Caldato et al. 2016, Nিকেle et al. 2016, Costa et al. 2019).

Diferentes perturbações afetam as condições ambientais e, em geral, causam mudanças na abundância de colônias e no forrageio das formigas-cortadeiras-de-folhas (Hubbell et al. 1984, Farji-brener 2001, Tabarelli et al. 2009, Vieira-Neto & Vasconcelos 2010). No Cerrado

o fogo é um distúrbio natural, responsável por adaptações evolutivas na biota e por modular a diversidade de espécies vegetais (Pausas & Parr 2018, Berlinck & Batista 2020). O fogo pode favorecer, principalmente, espécies herbáceas e arbustivas e eliminar parte das espécies arbóreas, modificando a estrutura e a composição da comunidade (Miranda et al. 2009), o que pode acarretar maior variação microclimática. Tais alterações afetam o comportamento dos animais, influenciando os ritmos diários e/ou sazonais de atividade.

Nesse sentido, a passagem do fogo ocasiona mudanças, sobretudo na flora, causando efeitos nas condições ambientais (e.g., temperatura e umidade) e nos recursos vegetais disponíveis para as saúvas. Assim, minha hipótese é que a perturbação pelo fogo afete na atividade e no forrageio de colônias de saúvas no Cerrado. Para tanto, este trabalho teve como objetivo comparar a atividade e o forrageio de colônias da saúva *Atta laevigata* (Myrmicinae: Attini) estabelecidas em área queimada e não queimada de cerrado, após 2 anos do evento de queima. Para isto, (i) dimensionei o sistema de trilhas de forrageio das colônias; (ii) medi o fluxo de operárias nas trilhas e (iii) a atividade de coleta; e por fim, (iv) avaliei a relação entre a atividade e forrageio das colônias com as variações da temperatura e umidade ao longo do ano.

## 2. MATERIAS E MÉTODOS

### 2.1. Local e espécie de estudo

Este estudo foi realizado na Reserva Ecológica do Panga (REP), Reserva Particular de Patrimônio Natural da Universidade Federal de Uberlândia-UFU com 409 hectares, localizada a 30 km ao sul de Uberlândia-MG (19° 11' 4.83"S, 48° 23' 37.46"O). A área de estudo possui clima tropical com duas estações definidas: inverno seco (maio a setembro) e verão chuvoso

(outubro a abril). A precipitação e temperatura média anual na região são cerca de 1.500 mm e 22 °C, respectivamente. A vegetação é composta por fisionomias do bioma Cerrado, sobretudo as formações savânicas (Cardoso et al. 2009). Na REP há medidas de proteção contra queimadas, mas ocorreram alguns incêndios nas últimas décadas, sendo o último registrado em 2017. Para a realização desse trabalho foram escolhidos 10 ninhos da espécie *A. laevigata*, distribuídos em área de vegetação de cerrado sentido restrito, sendo 5 estabelecidos na porção queimada em 2017 e 5 na porção não queimada. Na área queimada, o estrato herbáceo-graminoso é mais abundante e a estrutura da vegetação lenhosa foi reduzida pelo fogo e parte dos arbustos e árvores ficaram entouceirados depois da rebrota. As colônias da área não queimada apresentaram média do murundu de  $26,56 \pm 6,82$  m ( $\pm$ DP). Já as colônias da área queimada possuem média do murundu de  $21,38 \pm 9,94$  m ( $\pm$ DP). Não foi encontrada diferença significativa na área de murundu entre os ninhos da porção queimada e não queimada ( $t = 0.96023$ ,  $gl = 8$ ,  $P = 0.3651$ ).

A espécie *A. laevigata* é comum no bioma Cerrado, coleta de 15 a 17% do material vegetal produzido em seu território (Costa et al 2008, Costa et al. 2018) e explora principalmente folhas novas (Mundim et al. 2009, Costa et al. 2019). As plantas hospedeiras são exploradas a partir de um sistema de trilhas físicas (Bochynek 2017, Bouchebti et al. 2018). A princípio as formigas criam trilhas químicas e em seguida constroem e mantêm as trilhas físicas, retirando a serrapilheira e grande parte dos obstáculos (Bouchebti et al. 2018). Essas trilhas se estendem sobre o solo a partir dos olheiros, orifícios de entrada/saída das galerias subterrâneas do ninho. Elas podem se estender por centenas de metros até as plantas atacadas, porém para as colônias de *A. laevigata* no Cerrado, concentram seu forrageio principalmente na área de 30–40 m do ninho (Costa et al. 2019).

## 2.2. Dimensionamento do sistema de trilhas de forrageio

Para avaliar se as trilhas de forrageio das colônias diferem entre a área queimada e não queimada, amostramos a quantidade de olheiros e de trilhas situados na área de forrageio das 10 colônias em outubro de 2020. Tal amostragem foi realizada através de 4 transectos lineares (1 × 40 m). Os transectos foram dispostos a partir do ninho, nas direções cardeais (norte, sul, leste e oeste, Fig. 1). Em cada transecto foi contabilizado o número de olheiros e sua distância linear ao ninho. De cada trilha interceptada por algum transecto foram medidas a largura aprox. a 50 cm de distância do olheiro, o comprimento total e o número de ramificações.

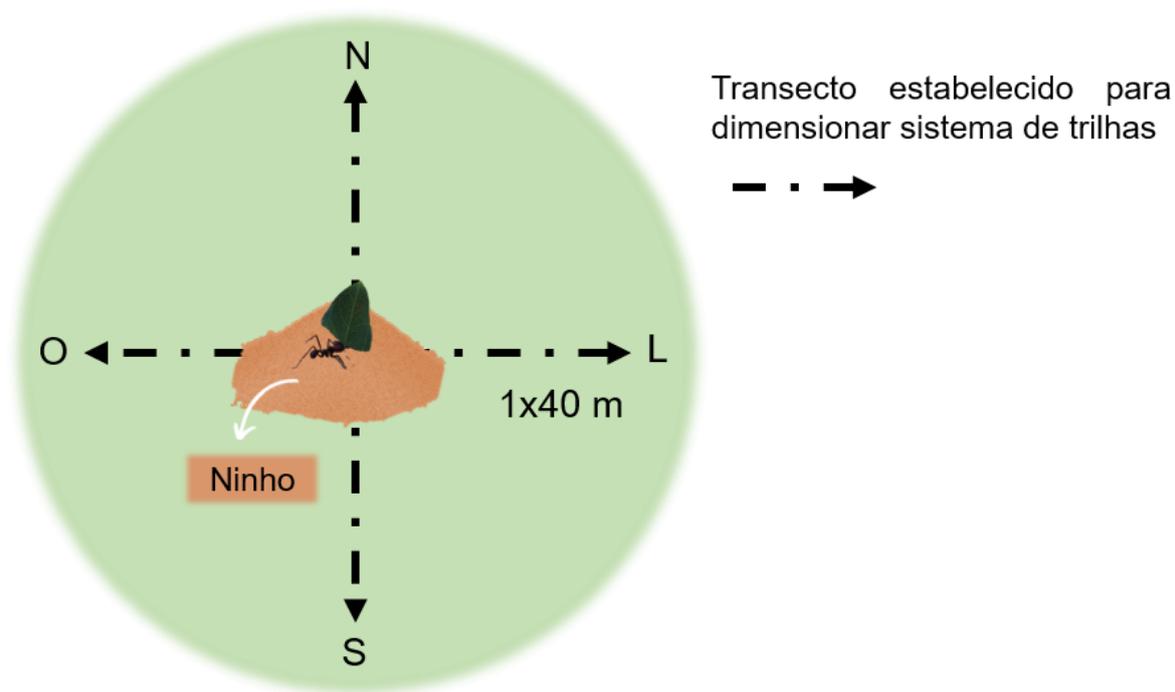


Figura 1. Transectos lineares estabelecidos na área de forrageio das 10 colônias de *A. laevigata* (5 distribuídas na área queimada e 5 na parte não queimada da Reserva Ecológica do Panga) para dimensionar o sistema de trilhas.

### 2.3. Fluxo de formigas nas trilhas

Para avaliar se a atividade das saúvas difere entre as colônias localizadas na área queimada daquelas da área não queimada, monitorei o tráfego de formigas nas trilhas das 10

colônias de *A. laevigata*. Mensalmente, uma trilha de forrageio por colônia foi selecionada e o fluxo de formigas na trilha foi filmado por 1 min em um ponto fixo aprox. a 50 cm de distância do olheiro (Fig. 2a). As filmagens foram realizadas a cada 3 h durante 24 h. Este monitoramento foi repetido mensalmente por 12 meses, entre novembro 2019 a outubro de 2020. As filmagens foram analisadas no laboratório, o número de formigas cruzando o ponto fixo de referência foi contabilizado manualmente com os vídeos reproduzidos em câmera lenta. Durante as medidas de atividade das colônias em campo, registrei também a temperatura e a umidade próxima ao solo e diretamente ao lado das trilhas utilizando um termo-higrômetro digital (Fig. 2b).

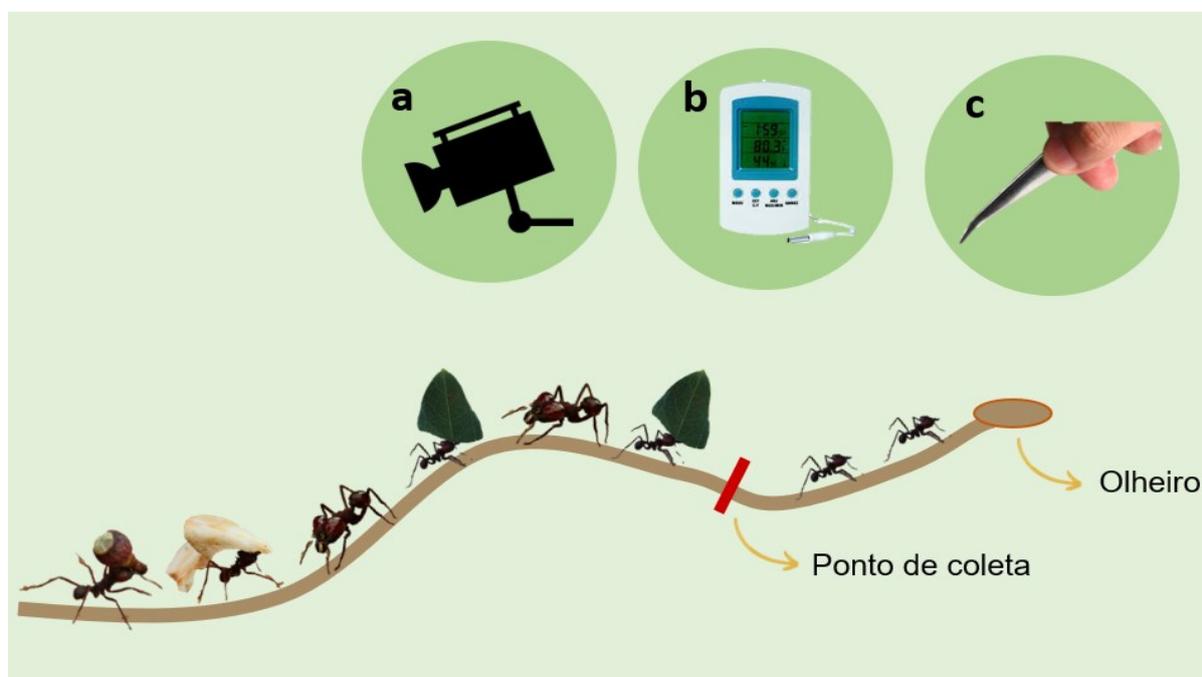


Figura 2. Monitoramento na trilha principal de cada colônia da espécie *A. laevigata*, sendo 5 na área queimada e 5 na área não queimada localizadas na Reserva Ecológica do Panga. a) Filmagens mensais da atividade de forrageio com duração de 1 min. b) Registro de temperatura e umidade do ar utilizando um termo-higrômetro digital, colocado no solo ao lado da trilha monitorada. c) Coleta quinzenal de fragmentos de material vegetal colhido pelas formigas durante 3 min. Todos os monitoramentos (a, b e c) foram realizados a cada 3 h por 24 h ao longo de 1 ano.

#### 2.4. Quantidade de material vegetal coletado

Para avaliar se a quantidade e o tipo de material vegetal explorado pelas saúvas diferem entre a área queimada e não queimada, monitorei quinzenalmente a atividade de forrageio das 10 colônias por 12 meses, entre junho 2019 até maio de 2020. Em cada monitoramento, selecionei uma trilha por colônia e coletei por 3 min, a cada 3 h durante 24 h, todos os fragmentos transportados pelas formigas operárias que cruzavam um ponto fixo de referência estabelecido na trilha (Fig. 2c). Os fragmentos coletados foram contabilizados e categorizados em material fresco (folha, fruto ou flor) e material seco.

### 2.5. Análise estatística

Para verificar se havia diferença na quantidade de olheiros e trilhas, na distância dos olheiros dos ninhos e no comprimento das trilhas entre a porção queimada e não queimada, realizei testes  $t$  de Student. Para a análise do comprimento das trilhas foi necessário usar a transformação de raiz. Para avaliar o ritmo circadiano das formigas entre a área queimada e não queimada realizei o teste de Anova de medidas repetidas. Além disso, para avaliar se havia diferença na atividade de coleta de fragmentos vegetais entre a área queimada e não queimada, transformei os dados com raiz e realizei teste  $t$  de Student. As análises foram realizadas no Programa estatístico Systat v.12 (Systat, 2007) e no Software R v. 4.1.0 (R Core Team, 2021).

## 3. RESULTADOS

Na área de forrageio das colônias da espécie *A. laevigata*, situadas na porção queimada, foram registrados 49 olheiros e 15 trilhas, enquanto na parte não queimada haviam 42 olheiros e 18 trilhas. Não foi encontrada diferença significativa entre as colônias das duas áreas quanto a quantidade de olheiros ( $t = -0.822$ ,  $gl = 8$  e  $p = 0,435$ ) ou de trilhas ( $t = 1.066$ ,  $gl = 8$  e  $p = 0,318$ ; Fig. 3ab) e nem na distância dos olheiros em relação aos ninhos ( $t = -1,751$ ,  $gl = 89$  e  $p = 0,083$ ; Fig. 3c). No geral, a largura das trilhas variou entre 5 e 15 cm e mais da metade delas possuíam de 1 a 4 ramificações. O comprimento das trilhas variou entre 1 e 45 m, mas não foi

observada diferença significativa entre as colônias da área queimada e não queimada ( $t = 0,888$ ,  $gl = 31$  e  $p = 0,382$ ; Fig.1 d).

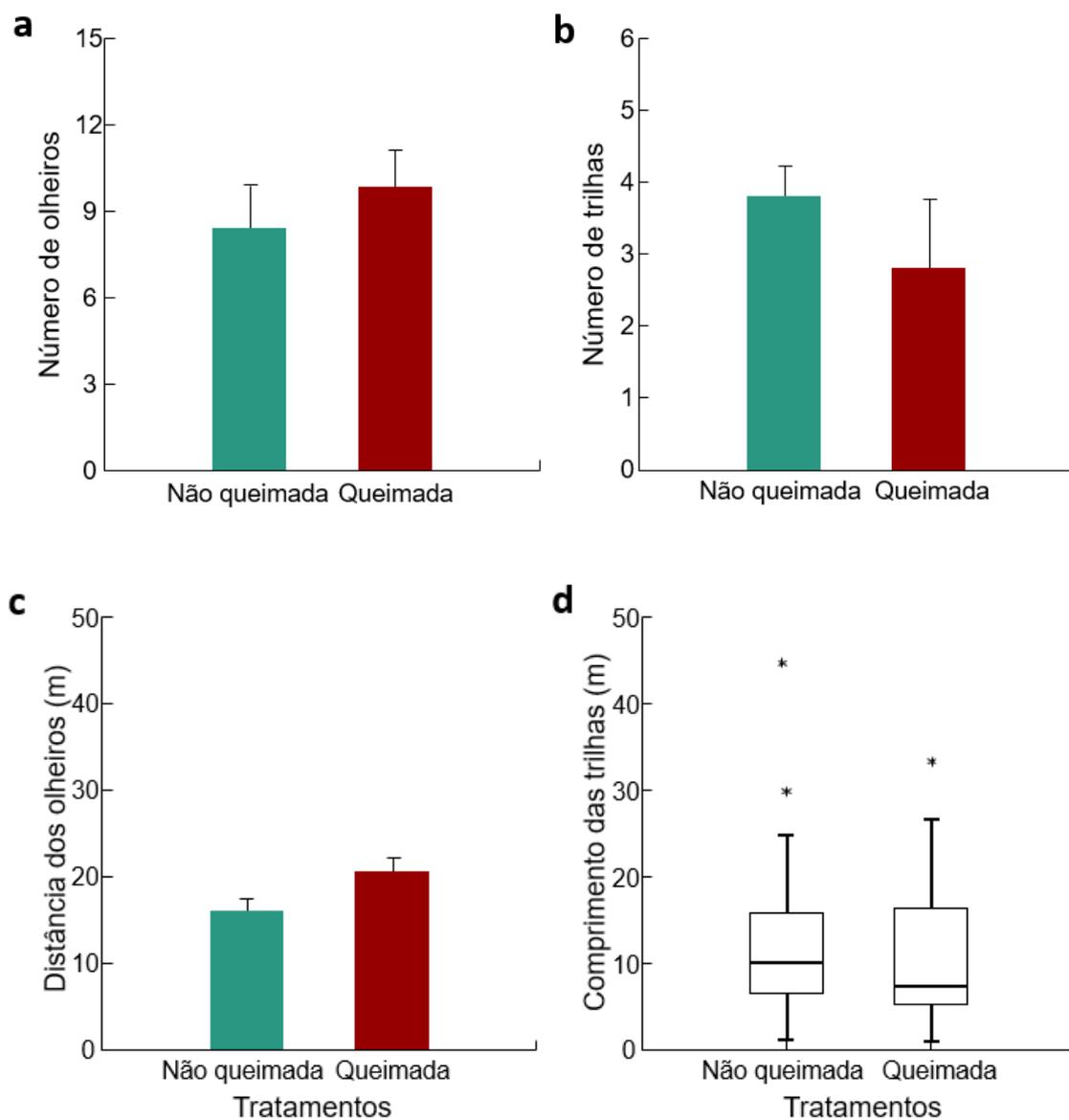


Figura 3. Parâmetros do sistema de trilhas registrados na área de forrageio de 10 colônias da espécie *Atta laevigata*, distribuídas em área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. a) Número de olheiros; b) Número de trilhas; c) Distância dos olheiros aos ninhos; e d) Comprimento das trilhas. Metade das colônias foram monitoradas na parte queimada, enquanto a outra metade na porção não queimada. Entorno de cada ninho foi amostrada uma área com raio de 40 m de distância. A coluna representa a média e a barra o erro padrão.

Em relação à atividade nas trilhas foi registrado um fluxo médio de  $27,2 \pm 19,3$  ( $\pm$  DP) formigas por min e nos horários de pico de atividade esse fluxo subiu para  $76,4 \pm 44,3$  ( $\pm$  DP) formigas por min. A circulação de formigas nas trilhas diferiu significativamente entre as áreas ( $F_{1,11} = 12,93$  e  $p < 0,01$ ), sendo maior nas colônias situadas na área não queimada (Fig. 4). Além disso, quanto ao ritmo circadiano das colônias de *A. laevigata* nas áreas de estudo, houve forte variação na movimentação das operárias nas trilhas durante as 24 horas, registrando período de atividade, seguido por um intervalo de quase ou total inatividade. Frequentemente, o intervalo de atividade se estendeu por 12 horas, contudo ocorreu variação tanto na duração da atividade, que se manteve por algumas horas até por todo o dia, quanto no horário de ocorrência (proeminentemente diurno ou noturno). Assim, foram categorizados três padrões de atividade para as colônias de *A. laevigata* no decorrer do ano: i. Noturna, ii. Diurna, e iii. Contínua, sendo que neste último as formigas permaneceram ativas por mais de três horas além do período exclusivamente diurno ou noturno (Fig. 5). A atividade noturna foi o padrão mais frequente nas colônias acompanhadas (55.0%), seguindo pela atividade contínua (22,5%) e diurna (16,7%) e ainda ocorreram sete registros (5,8%) de inatividade das colônias durante as 24 horas de monitoramento. O padrão de atividade de cada colônia mudou ao longo do ano, todavia foi observada maior assincronia entre as colônias da área queimada. De fato, em apenas 25% dos 12 dias monitorados, todas as colônias da área queimada exibiram o mesmo padrão de atividade, enquanto na área não queimada o alinhamento entre as colônias foi três vezes maior (75%; Fig. 6).

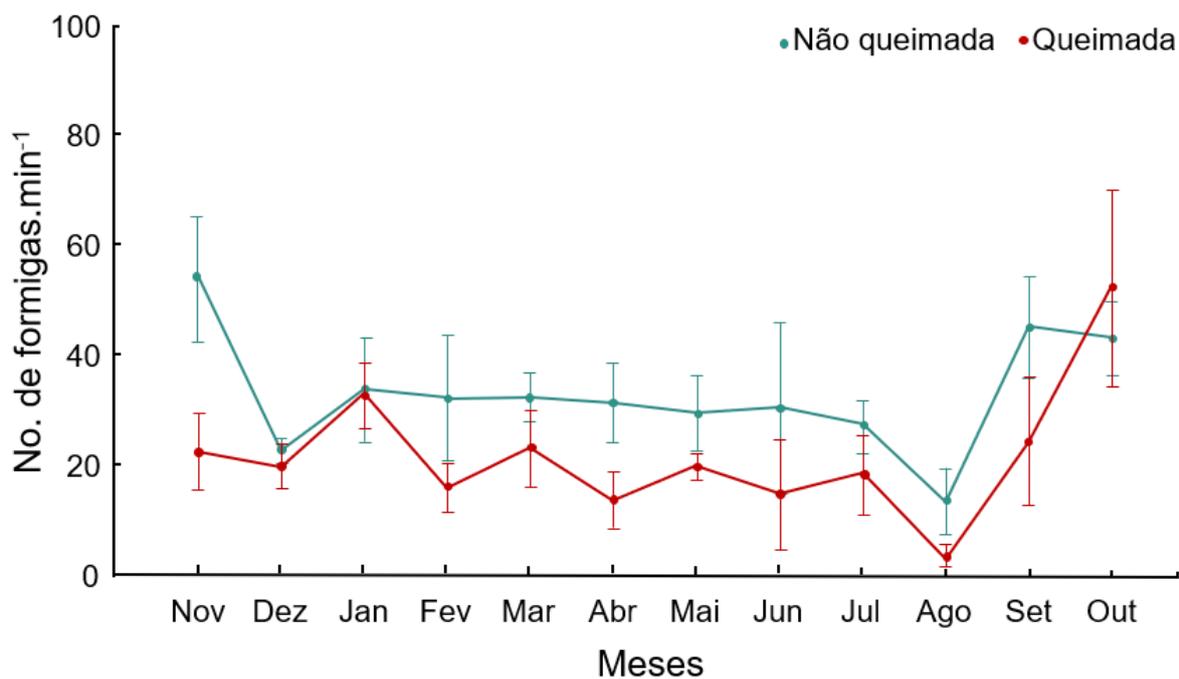
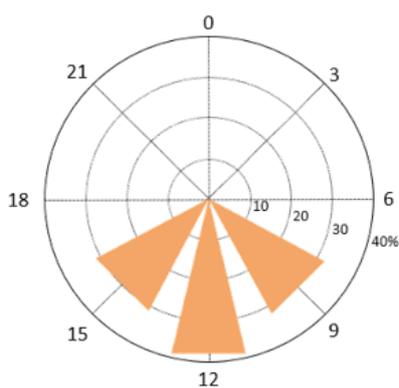
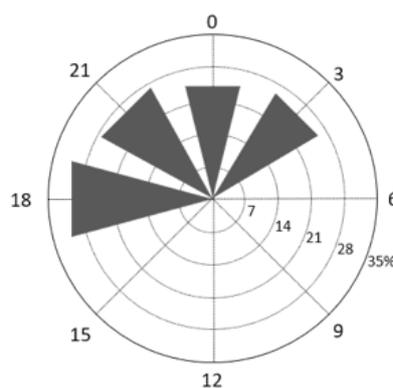


Figura 4. Fluxo de formigas (média  $\pm$  EP) em trilhas de 10 ninhos da espécie *Atta laevigata* em área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. A atividade foi monitorada mensalmente entre novembro de 2019 a outubro de 2020. Metade das colônias foram monitoradas na parte queimada e outra metade na porção não queimada.

a. Atividade diurna



b. Atividade noturna



c. Atividade contínua

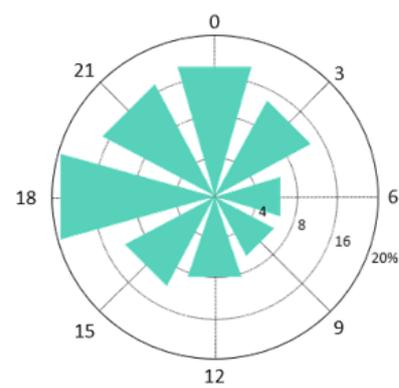


Figura 5. Padrões de atividade de colônias da espécie *Atta laevigata*. a) Atividade diurna: fluxo de formigas nas trilhas, predominante diurno, entre as 6 e 18 h; b) Atividade noturna: fluxo predominantemente noturno, entre as 18 e 6 h; c) Atividade contínua: fluxo ocorreu ao longo de grande parte do período de 24 h amostrado.

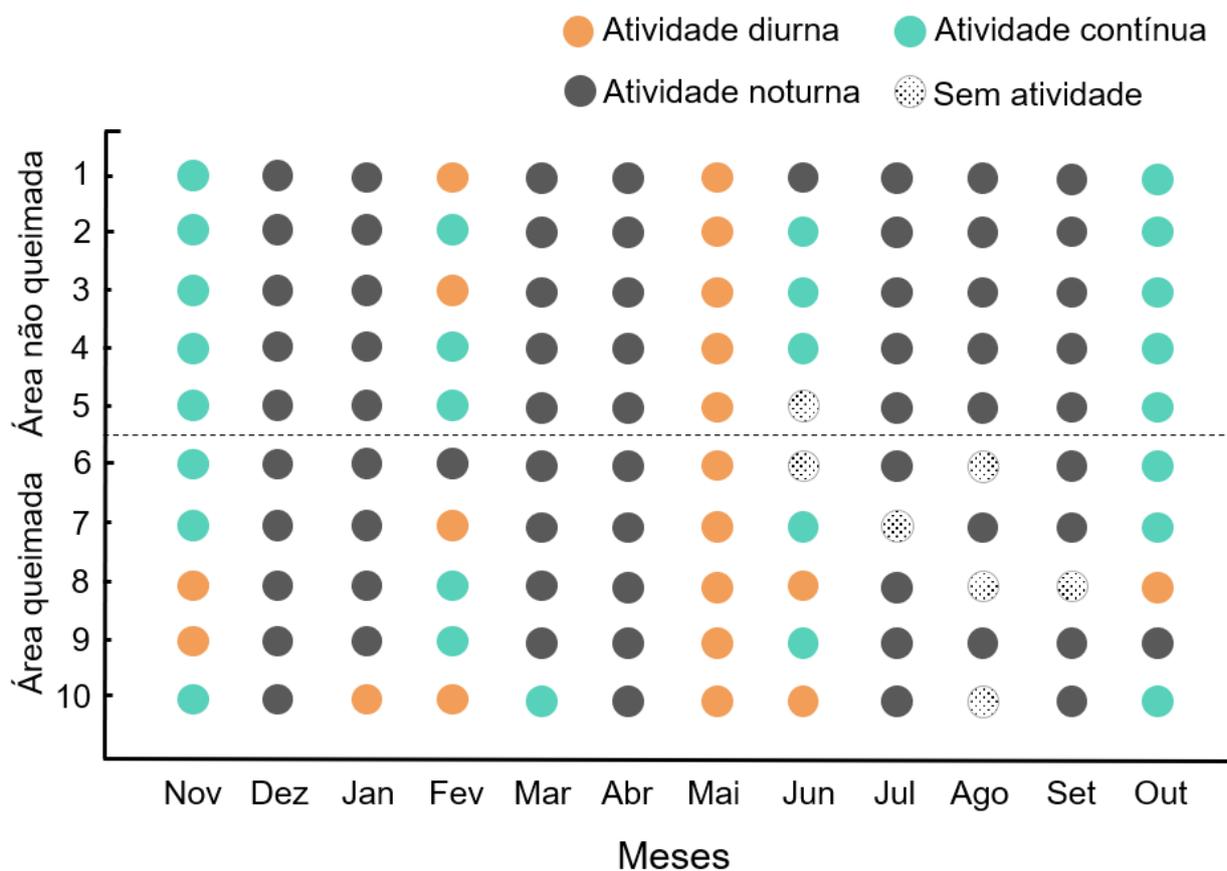


Figura 6. Variação na atividade de forrageio ao longo do ano registrado em 10 colônias da espécie *Atta laevigata*, em área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. A atividade de forrageio foi monitorada mensalmente entre novembro de 2019 a outubro de 2020. Metade das colônias foram monitoradas na parte queimada, enquanto a outra metade na porção não queimada.

Aparentemente, a atividade das colônias esteve relacionada com a temperatura e umidade. O fluxo de formigas registrado nas trilhas das colônias foi maior na faixa de temperatura de 15 a 30 °C e umidade de 50 a 85%, com a atividade diminuindo de forma expressiva quando as condições estavam fora desses intervalos (Fig. 7). Os padrões observados foram similares entre as colônias da área queimada e não queimada, possivelmente devido à semelhança nas condições entre os tratamentos ao longo de todo o monitoramento (Fig. 8).

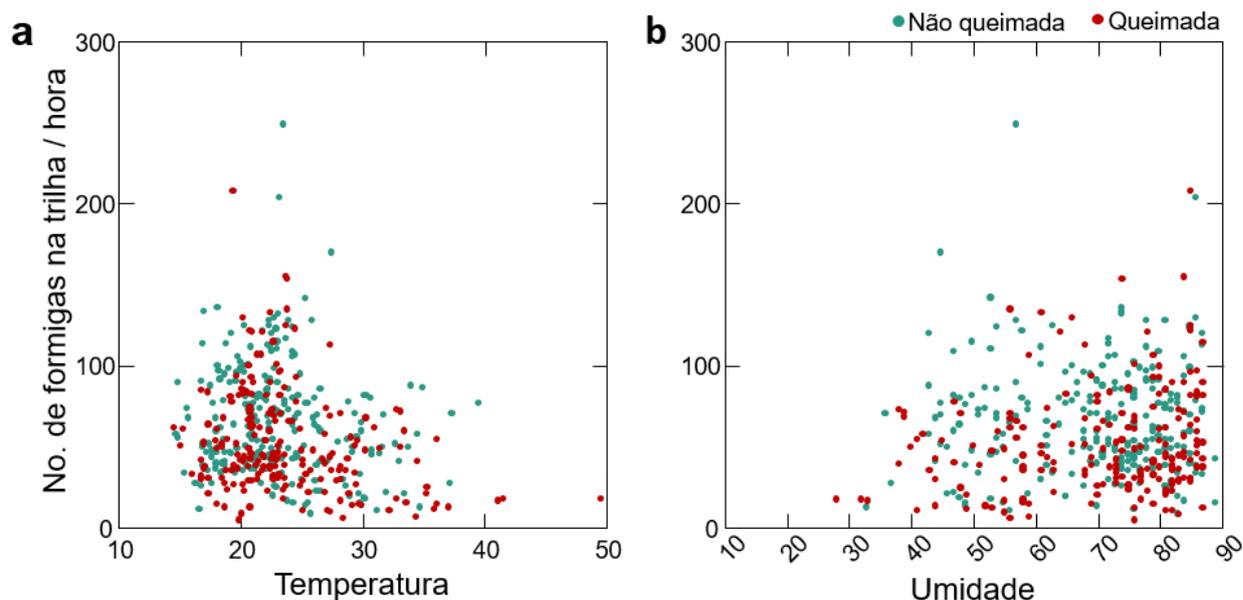


Figura 7. Relação entre a atividade de forrageio das colônias de *Atta laevigata* com a) temperatura e b) umidade em área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. Metade das colônias foram monitoradas na parte queimada, enquanto a outra metade na porção não queimada. A temperatura e a umidade foram monitoradas mensalmente entre novembro de 2019 a outubro de 2020.

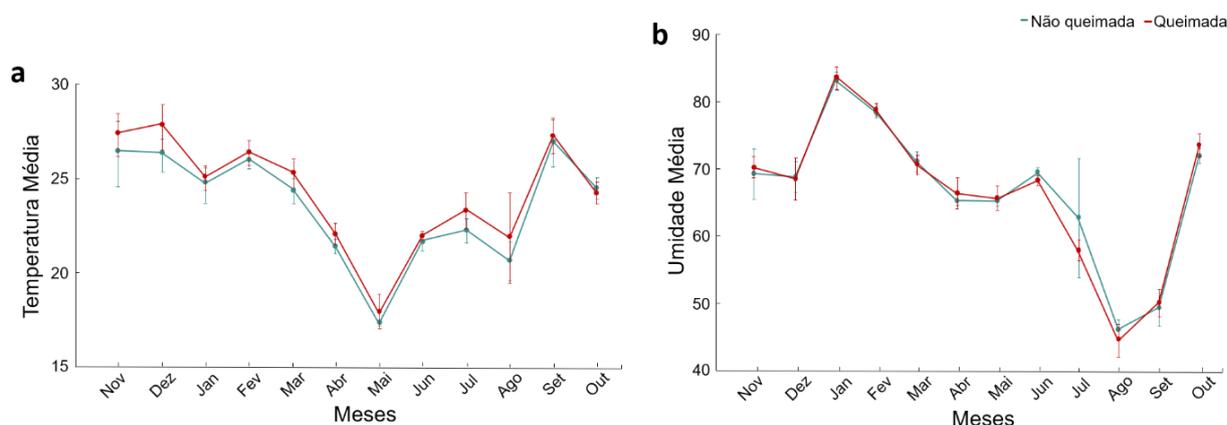


Figura 8. Variação da a) temperatura e b) umidade médias ( $\pm$  EP) nas trilhas de forrageio das colônias da espécie *Atta laevigata*. O monitoramento foi mensal entre novembro / 2019 a outubro / 2020. Metade das colônias foram monitoradas na parte queimada e a outra metade na porção não queimada.

A coleta de material vegetal variou bastante entre as colônias, com número estimado de fragmentos entre 120 e 24.780 por dia. O número de fragmentos coletados diferiu entre os

tratamentos ( $t = 6.43$ ,  $gl = 236$  e  $p < 0,001$ ) e na maior parte do ano as colônias da área não queimada coletaram maior quantidade de material vegetal (Fig. 9). No entanto, o padrão de forrageio para ambas as áreas foi similar ao longo do ano, com a atividade de coleta aumentando e diminuindo nos mesmos períodos do ano (Fig. 10). A maior taxa de coleta foi registrada entre os meses de agosto e dezembro.

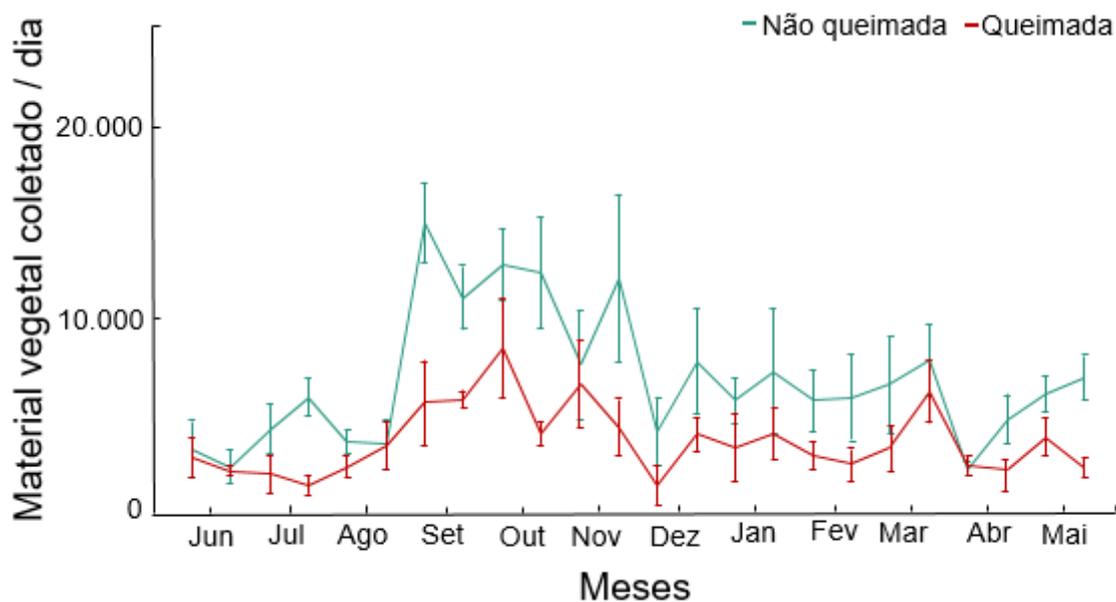


Figura 9. Material vegetal coletado pelas colônias de *Atta laevigata* por dia ao longo do ano em área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. Metade das colônias estavam na parte queimada e as demais na porção não queimada. O monitoramento foi quinzenal durante 1 ano. As barras representam o erro padrão.

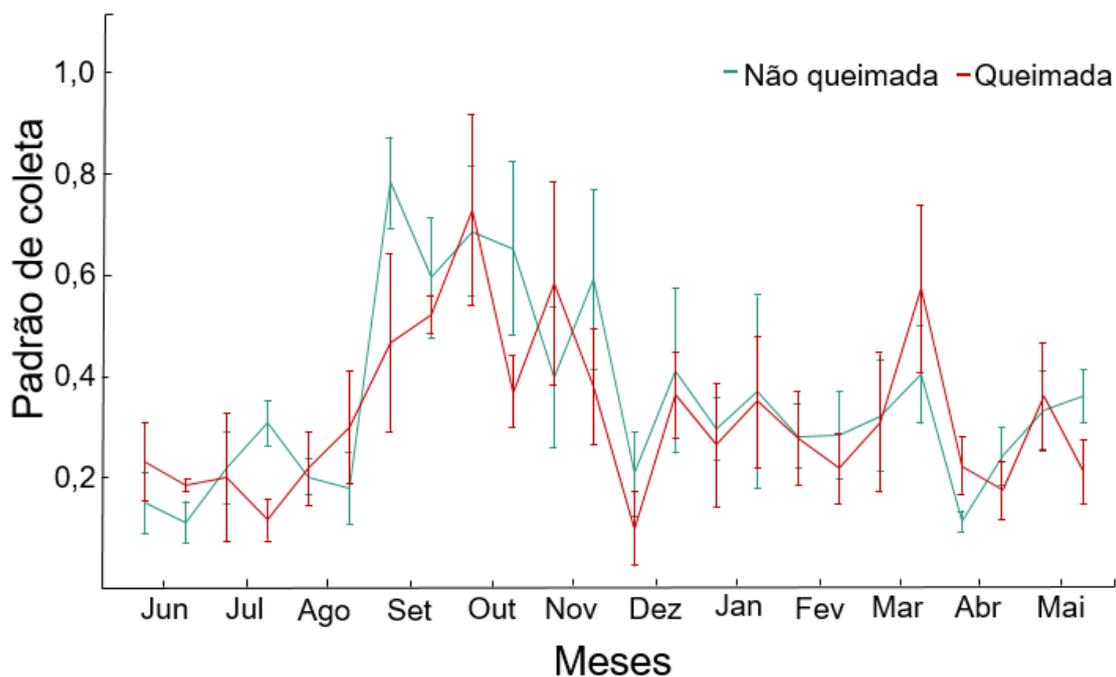


Figura 10: Padrão normalizado da coleta de material vegetal realizada pelas colônias de *Atta laevigata*, por dia ao longo do ano em área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. Metade das colônias estavam na parte queimada e as demais na porção não queimada. A média da exploração do material vegetal pelas colônias foi normalizada em relação à exploração mensal, de forma que o mês com maior pico foi definido como 1,0 e os valores para todos os outros meses foram proporcionais a este máximo. O monitoramento das colônias foi quinzenal durante 1 ano. As barras representam o erro padrão.

O material vegetal fresco compôs em média  $90,2\% \pm 16,9$  DP dos fragmentos coletados diariamente pelas colônias ao longo do ano e as folhas representaram 73% desse material. A coleta de material seco ocorreu especialmente na estação seca (de maio a setembro), período em que ele foi parte mais representativa do montante colhido pelas colônias (Fig. 11). Neste período, o material seco representou em média  $19,3\% (\pm 22,0$  DP) do coletado, enquanto sua participação foi apenas  $3,1\% (\pm 6,3$  DP) nos meses da estação chuvosa. O aumento da coleta de material seco ocorreu para as colônias de ambos os tratamentos, entretanto foi mais acentuado entre as colônias da área queimada. Pois, na área queimada a exploração desse material foi quase o dobro ( $24,9 \pm 25,3\%$  DP) do observado para a área não queimada ( $13,5 \pm 16,4\%$  DP; Fig. 11).

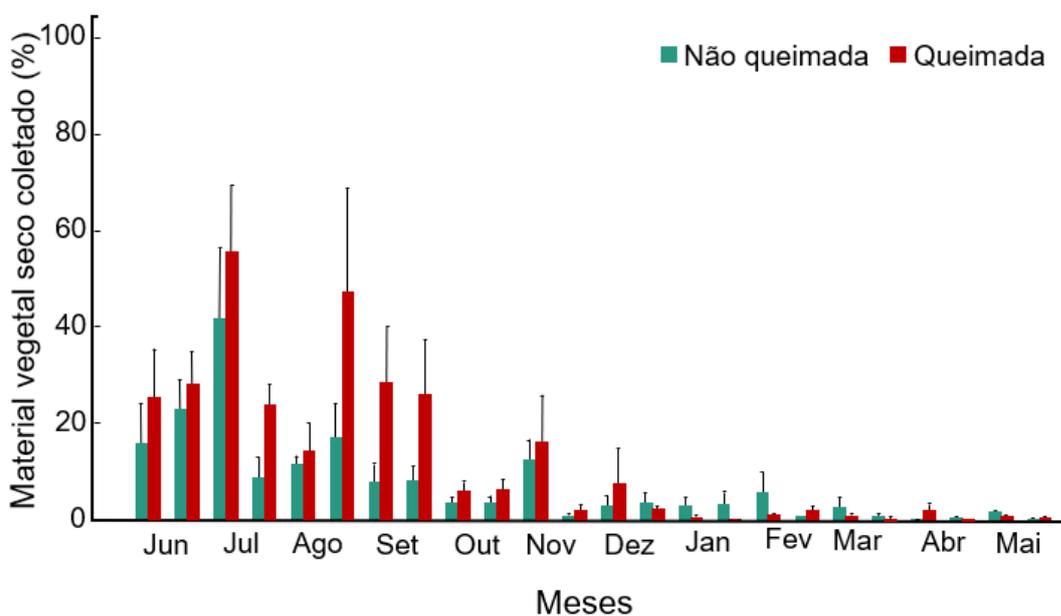


Figura 11: Quantidade de material vegetal seco coletado pelas colônias de *Atta laevigata* por dia ao longo do ano em área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga. Metade das colônias monitoradas estavam na parte queimada e a outra metade na porção não queimada. O monitoramento foi quinzenal durante 1 ano. Colunas indicam médias e linhas verticais o erro padrão.

#### 4. DISCUSSÃO

As variações das condições meteorológicas e na disponibilidade de recursos podem influenciar no forrageio das formigas-cortadeiras-de-folhas (Vasconcelos 1997, Farji-brener 2001, Costa et al. 2019, Bustamente et al. 2020). Dessa forma, a perturbação pelo fogo que altera a composição e a estrutura da vegetação pode impactar no forrageio, nas taxas de coleta e no material vegetal explorado pelas colônias.

A atividade de forrageio das colônias de *A. laevigata* de ambas as áreas manteve-se nas mesmas variações de temperatura e umidade relativa do ar. As colônias foram mais ativas à noite ao longo do ano e sua atividade de forrageio ocorreu principalmente com temperatura entre 15–25 °C e com umidade relativa do ar entre 70–85%. Como registrado para outras espécies de formigas-cortadeiras-de-folhas, a temperatura e a umidade regulam a variação nos horários de forrageio (Fowler & Robinson 1979, Nickele et al. 2016). Por exemplo, a espécie

*Atta capiguara* também é mais ativa à noite, em temperatura de 20–30 °C e a umidade relativa do ar na faixa de 50–70% (Caldato et al. 2016). Já a espécie *Atta cephalotes* sua atividade é principalmente diurna, em temperaturas entre 24–45 °C e noturna com temperatura entre 17–24 °C (Bustamante et al. 2020). Entre as espécies de formigas-cortadeiras-de-folhas há variação no limite térmico mínimo e máximo em que ocorre a atividade. No caso da *A. laevigata* praticamente a atividade foi inexistente acima de 40 °C e abaixo de 15 °C. Porém, para as formigas *Acromyrmex crassispinus* e *Acromyrmex subterraneus subterraneus* a atividade de forrageio cessa em temperaturas abaixo de 10 °C e 11 °C (Nickele et al. 2016).

A atividade e a taxa de coleta das formigas-cortadeiras-de-folhas ao longo do ano é influenciada por fatores como a variação sazonal da disponibilidade de recursos, a precipitação, o período de revoada (evento anual de liberação das castas reprodutivas), entre outros (Vasconcelos 1997, Caldato et al. 2016, Nickele et al. 2016, Costa et al. 2019). Nesse sentido, a atividade de coleta do material vegetal para *A. laevigata* foi maior no final da estação seca e início da estação chuvosa, especialmente entre agosto e dezembro, para as colônias de ambas as áreas. Provavelmente, isso ocorreu porque muitas espécies do cerrado sentido restrito produzem folhas no final da estação seca e na estação chuvosa (Lenza & Klink 2006). Portanto, nesse período há maior disponibilidade de folhas novas, recurso muito apreciado, visto que, tende a ser mais macio, rico em nutrientes e com menor concentração de compostos secundários, que podem ser repelentes ou tóxicos (Littledyke & Cherrett 1978, Rockwood 1976, Mundim et al. 2009, Littledyke & Cherrett 1978, Green & Kooij 2018). Por exemplo, para a espécie *Atta capiguara*, registrou-se variações sazonais nas taxas de coleta dos recursos, com coleta expressiva de material vegetal fresco e a maior eficiência de forrageio durante a estação chuvosa (Caldato et al. 2016). Além disso, o período de revoada da espécie *A. laevigata* no Cerrado ocorre nesse período, geralmente no mês de novembro (observação pessoal) e as

colônias tendem a aumentar as taxas de coleta enquanto as castas reprodutivas estão se desenvolvendo.

Na área perturbada pelo fogo foi registrada uma atividade mais assíncrona das colônias, porém a temperatura e a umidade não diferiram entre as áreas. Apesar disso, essa maior variação pode ter ocorrido devido à redução da cobertura de copa causada pelo fogo, e assim, o sistema de trilhas na área queimada pode estar mais suscetível a ter partes sombreadas e partes expostas à luz direta do sol. Pois, tanto a temperatura do ambiente quanto a da trilha podem afetar o forrageio das formigas-cortadeiras-de-folhas (Farji-Brener & Ruggiero 1994).

Entre a área perturbada e não perturbada pelo fogo o sistema de trilhas não diferiu e para as colônias situadas na área queimada foi registrada uma menor quantidade de material vegetal coletado. O que pode indicar que as alterações geradas pelo fogo podem não beneficiar as saúvas como ocorre em outros ambientes perturbados. Por exemplo, em ambiente com efeito de borda na Mata Atlântica, colônias da saúva *Atta cephalotes* apresentaram sistema de trilha menor e maior taxa de coleta de fragmentos vegetais na borda em relação ao interior (Urbas et al. 2007).

Na área queimada, as colônias coletaram maior quantidade de material seco, principalmente durante a estação seca, em relação à área não queimada. Isso pode ter ocorrido em virtude da redução em qualidade do material vegetal disponível na área de forrageio das colônias (Capítulo 1). No entanto, esse aumento da coleta de material vegetal seco, pelas colônias da área queimada, também pode ter ocorrido em função da maior abundância de espécies decíduas, que aparentemente são mais comuns como *Lafoensia pacari*, *Enterolobium gummiferum*, *Aspidosperma tomentosum*, *Qualea grandiflora*, *Hancornia speciosa* entre outras. No caso da espécie *H. speciosa*, que produz látex, é utilizada pelas formigas apenas na época seca, quando as folhas estão em evidente processo de senescência. Dessa forma, na área queimada pode haver maior quantidade de material vegetal seco disponível.

## 5. CONCLUSÃO

De modo geral, as colônias de *A. laevigata* situadas na área perturbada pelo fogo apresentaram um menor fluxo de formigas nas trilhas, coletaram uma quantidade de material vegetal menor e durante a estação seca, coletaram maior quantidade de material vegetal seco, em relação as colônias da área não queimada. Nesse sentido, as alterações geradas pelo fogo na área de forrageio das colônias podem não ter favorecido as saúvas como tem sido descrito em outros ambientes perturbados.

## 6. REFERÊNCIAS

- Alma, A. M., Farji-Brener, A. G. & Elizalde, L. 2017. A breath of fresh air in foraging theory : the importance of wind for food size selection in a central-place forager. *The american naturalist* 190 (3): 000-000. <http://dx.doi.org/10.1086/692707>
- Arenas, A. & Roces, F. 2016. Gardeners and midden workers in leaf-cutting ants learn to avoid plants unsuitable for the fungus at their worksites. *Animal Behaviour* 115:167–174. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.03.016>
- Berlinck, C. N. & Batista, E. K. L. 2020. Good fire, bad fire: it depends on who burns. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 268:1-4. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151610>
- Beraldo, M. J. A. H. & Mendes, E. G. 1982. The influence of temperature on oxygen consumption rates of workers of two leaf ants, *Atta laevigata* ( F. Smith, 1858) and *Atta Sexdens rubropilosa* (Forel, 1908). *Comparative Biochemistry and Physiology* 71:419–424. [http://dx.doi.org/10.1016/0300-9629\(82\)90428-5](http://dx.doi.org/10.1016/0300-9629(82)90428-5)
- Bochynek, T. 2017. Energetics of trail clearing in the leaf-cutter ant *Atta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 71(1):1–10. Behavioral Ecology and Sociobiology. Doi: 10.1007/s00265-016-2237-5
- Bond, W. J., Woodward, F. I. & Midgley, G. F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* 165:525–538. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>
- Bouchebti, S., Travaglini, R. V., Forti, L. C. & Fourcassié, V. 2018. Dynamics of physical trail construction and of trail usage in the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Ethology Ecology and Evolution* 31:105–120. <https://doi.org/10.1080/03949370.2018.1503197>
- Bragança, M. A. L., Tonhasca, A. & Delia Lucia, T. M. C. 1998. Reduction in the foraging activity of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohrniphora* sp. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89:305–311. Doi: 10.1046/j.1570-7458.1998.00413.x
- Braganca, M. A. L., Tonhasca, A. & Moreira, D. D. O. 2002. Parasitism characteristics of two phorid fly species in relation to their host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology* 31(2):241–244. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000200010>
- Brito, E. L. S., Sá, C. A. & Santos, G. M. M. 2020. Body size and its relation to the foraging

- schedules of social wasps. *Neotropical Entomology* 49:668–676. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00789-4>
- Burd, M. & Howard, J. J. 2005. Central-place foraging continues beyond the nest entrance: the underground performance of leaf-cutting ants. *Animal Behaviour* 70(4):737–744. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.12.012>
- Bustamante, S., Amarillo-Suárez, A. & Wirth, R. 2020. Effects of pasture and forest microclimatic conditions on the foraging activity of leaf-cutting ants. *Biotropica* 52(4): 1-12. <https://doi.org/10.1111/btp.12783>
- Caldato, N., Forti, L. C., Bouchebti, S., Lopes, J. F. S. & Fourcassié, V. 2016. Foraging activity pattern and herbivory rates of the grass-cutting ant *Atta capiguara*. *Insectes Sociaux* 63:421–428. <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0479-x>
- Cardoso, E., Moreno, M. I. C., Bruna, E. M. & Vasconcelos, H. L. 2009. Mudanças fitofisionômicas no cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica Do Panga, Uberlândia - MG. *Caminhos da Geografia* 10 (32):254–268.
- Caut, S., Barroso, Á., Cerdá, X., Amor, F. & Boulay, R. R. 2013. A year in an ant's life: opportunism and seasonal variation in the foraging ecology of *Aphaenogaster senilis*. *Ecoscience* 20(1):19–27. <https://doi.org/10.2980/20-1-3559>
- Clarke, D. & Robert, D. 2018. Predictive modelling of honey bee foraging activity using local weather conditions. *Apidologie* 49:386–396. <https://doi.org/10.1007/s13592-018-0565-3>
- Cole, B. J., Smith, A. A., Huber, Z. J. & Wiernasz, D. C. 2010. The structure of foraging activity in colonies of the harvester ant, *Pogonomyrmex occidentalis*. *Behavioral Ecology* 21(2):337–342. <https://doi.org/10.1093/beheco/arp193>
- Coley, P. D. & Barone, J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:305–335. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.27.1.305>
- Cornelius, M. L. & Osbrink, W. L. A. 2011. Effect of seasonal changes in soil temperature and moisture on wood consumption and foraging activity of formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 104(3):1024–1030. <http://dx.doi.org/10.1603/EC10332>
- Costa, A. N., Bruna, E. M. & Vasconcelos, H. L. 2018. Do an ecosystem engineer and environmental gradient act independently or in concert to shape juvenile plant communities? Tests with the leaf-cutter ant *Atta laevigata* in a neotropical savanna. *PeerJ* 6:e5612 1-22. <https://doi.org/10.7717/peerj.5612>

- Costa, A. N., Vasconcelos, H. L., Vieira-Neto, E. H. M. & Bruna, E. M. 2008. Do herbivores exert top-down effects in neotropical savannas? Estimates of biomass consumption by leaf-cutter ants. *Journal of Vegetation Science* 19:849–854. <http://dx.doi.org/10.3170/2008-8-18461>
- Costa, A. N., Vasconcelos, H. L., Vieira-Neto, E. H. M. & Bruna, E. M. 2019. Adaptive foraging of leaf-cutter ants to spatiotemporal changes in resource availability in neotropical savannas. *Ecological Entomology* 44:227–238. <https://doi.org/10.1111/een.12697>
- Crist, T. O. & MacMahon, J. A. 1991. Foraging patterns of *Pogonomyrmex occidentalis* (Hymenoptera: Formicidae) in a shrub-steppe ecosystem: the roles of temperature, trunk trails, and seed resources. *Environmental Entomology* 20(1):265–275. <https://doi.org/10.1093/ee/20.1.265>
- Farji-Brener, A. G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos* 92(1):169–177. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.920120.x>
- Farji-Brener, A. G., Amador-Vargas, S., Chinchilla, F., Escobar, S., Cabrera, S., Herrera, M. I. & Sandoval, C. 2010. Information transfer in head-on encounters between leaf-cutting ant workers: food, trail condition or orientation cues? *Animal Behaviour* 79(2):343–349. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.11.009>
- Farji-Brener, A. G. & Ruggiero, A. 1994. Leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) inhabiting Argentina: patterns in species richness and geographical range sizes. *Journal of Biogeography* 21(4):391–399. <https://doi.org/10.2307/2845757>
- Fattorini, N., Brunetti, C., Baruzzi, C., Chiatante, G., Lovari, S. & Ferretti, F. 2019. Temporal variation in foraging activity and grouping patterns in a mountain-dwelling herbivore: Environmental and endogenous drivers. *Behavioural Processes* 167:103909 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2019.103909>
- Fowler, H. G. & Robinson, S. W. 1979. Foraging by *Atta sexdens* (Formicidae: Attini): seasonal patterns, caste and efficiency. *Ecological Entomology* 4:239–247. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1979.tb00581.x>
- Fowler, H. G. & Stiles, E. W. 1980. Conservative resource management by leaf-cutting ants? The role of foraging, territories and trails, and environmental patchiness. *Sociobiology* 5:25–42.
- Gerhold, P., Ribeiro, E. M. S., Santos, B. A., Sarapuu, J., Tabarelli, M., Wirth, R. & Leal, I. R.

2019. Phylogenetic signal in leaf-cutting ant diet in the fragmented Atlantic rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 35(3):144–147. <https://doi.org/10.1017/S0266467419000063>
- Giesel, A., Boff, M.I. C. & Boff, P. 2013. Seasonal activity and foraging preferences of the leaf-cutting ant *Atta sexdens piriventris* (Santschi) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology* 42(6):552–557. <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0160-2>
- Green, P. W. C. & Kooij, P. W. 2018. The role of chemical signalling in maintenance of the fungus garden by leaf-cutting ants. *Chemoecology* 28:101–107. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s00049-018-0260-x>
- Herz, H., Hölldobler, B. & Roces, F. 2008. Delayed rejection in a leaf-cutting ant after foraging on plants unsuitable for the symbiotic fungus. *Behavioral Ecology* 19(3):575–582. <https://doi.org/10.1093/beheco/arn016>
- Hubbell, S. P., Howard, J. J. & Wiemer, D. F. 1984. Chemical leaf repellency to an attine ant: seasonal distribution among potential host plant species. *Ecological Society of America* 65(4):1067–1076. <http://dx.doi.org/10.2307/1938314>
- Kost, C., Oliveira, E. G., Knoch, T. A. & Wirth, R. 2005. Spatio-temporal permanence and plasticity of foraging trails in young and mature leaf-cutting ant colonies (*Atta* spp.). *Journal of Tropical Ecology* 21(6):677–688. <http://dx.doi.org/10.1017/S0266467405002592>
- Košťál, V. 2011. Insect photoperiodic calendar and circadian clock: independence, cooperation, or unity? *Journal of Insect Physiology* 57(5):538–556. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.10.006>
- Lei, Y., Zhou, Y., Lü, L. & He, Y. 2019. Rhythms in foraging behavior and expression patterns of the foraging gene in *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in relation to photoperiod. *Journal of Economic Entomology* 112(6):2923–2930. <https://doi.org/10.1093/jee/toz175>
- Lenza, E. & Klink, C. A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29(4):627–638. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000400013>
- Littleddyke, M. & Cherrett, J. M. 1978. Defence mechanisms in young and old leaves against cutting by leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae). *Bull Entomol Res* 68:263–271. <https://doi.org/10.1017/S0007485300007343>
- Mildner, S. & Roces, F. 2017. Plasticity of daily behavioral rhythms in foragers and nurses of

- the ant *Camponotus rufipes*: influence of social context and feeding times. *PLoS ONE* 12(1):1–23. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28099496/>
- Miranda H.S., Sato M.N., Neto W.N., Aires F.S. (2009) Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. In: Tropical fire ecology. Springer Praxis Books. Springer, Berlin, Heidelberg. 427–450. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8_15)
- Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrecht, I., Farji-Brener, A. & Calle, Z. 2012. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management* 58(3):225–247. <http://dx.doi.org/10.1080/09670874.2012.663946>
- Mundim, F. M., Costa, A. N. & Vasconcelos, H. L. 2009. Leaf nutrient content and host plant selection by leaf-cutter ants, *Atta laevigata*, in a neotropical savanna. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 130:47–54. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00789.x>
- Munique, L. & Calixto, E. 2018. Spatial and temporal variation of plant fragment removal by two species of *Atta* leaf-cutting ants. *Journal of Insect Behavior* 31:255–263. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10905-018-9673-1>
- Narendra, A., Reid, S. F. & Hemmi, J. M. 2010. The twilight zone: ambient light levels trigger activity in primitive ants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277(1687):1531–1538. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2009.2324>
- Nelson, R.J., Denlinger, D.L., Somers, D.E. (Eds.), 2010. Photoperiodism. The Biological Calendar. Oxford University Press, Oxford, p. 581
- Nickele, M. A., Filho, W. R., Pie, M. R. & Penteado, S. R. C. 2016. Daily foraging activity of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) leaf-cutting ants. *Sociobiology* 63(1):645–650. DOI: 10.13102/sociobiology.v63i1.902
- Pausas, J. G. Parr, C. L. 2018. Towards an understanding of the evolutionary role of fire in animals. *Evolutionary Ecology* 32:113–125. <https://doi.org/10.1007/s10682-018-9927-6>
- R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rockwood, L. L. 1976. Plant selection and foraging patterns in two species of leaf-cutting ants (*Atta*). *Ecology* 57(1):48–61. <https://doi.org/10.2307/1936397>
- Rockwood, L. L. & Hubbell, S. P. 1987. Host-plant selection , diet diversity, and optimal foraging in a tropical leafcutting ant. *Oecologia* 74(1):55–61. <https://doi.org/10.1007/BF00377345>

- Segev, U., Tielbörger, K., Lubin, Y. & Kigel, J. 2014. Consequences of climate and body size on the foraging performance of seed-eating ants. *Ecological Entomology* 39(4):427–435. <https://doi.org/10.1111/een.12115>
- Stelzer, R. J., Stanewsky, R. & Chittka, L. 2010. Circadian foraging rhythms of bumblebees monitored by radio-frequency identification. *Journal of Biological Rhythms* 25(4):257–267. <https://doi.org/10.1177/0748730410371750>
- Sujimoto, F. R., Costa, C. M., Zitelli, C. H. L. & Bento, J. M. S. 2019. Foraging activity of leaf - cutter ants is affected by barometric pressure. *Ethology* 126(3):290-296. <https://doi.org/10.1111/eth.12967>
- Systat. (2007) Systat for windows, version 12.
- Tabarelli, M., Pinto, S. R. & Leal, I. R. 2009. Floresta Atlântica Nordestina - Fragmentação, degeneração e perda de biodiversidade. *Ciência Hoje* 44:36–41. [https://www.researchgate.net/publication/273957726\\_Floresta\\_Atlantica\\_Nordestina\\_fragmentacao\\_degeneracao\\_e\\_perda\\_de\\_biodiversidade](https://www.researchgate.net/publication/273957726_Floresta_Atlantica_Nordestina_fragmentacao_degeneracao_e_perda_de_biodiversidade)
- Tan, K., Yang, S., Wang, Z. W., Radloff, S. E. & Oldroyd, B. P. 2012. Differences in foraging and broodnest temperature in the honey bees *Apis cerana* and *A. mellifera*. *Apidologie* 43:618–623. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0136-y>
- Urbas, P., Araújo, M. V., Leal, I. R. & Wirth, R. 2007. Cutting more from cut forests: edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants in Brazil. *Biotropica* 39(4):489–495. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00285.x>
- Vasconcelos, H. L. 1997. Foraging activity of an Amazonian leaf-cutting ant : responses to changes in the availability of woody plants and to previous plant damage. *Oecologia* 112:370–378. <http://dx.doi.org/10.1007/s004420050322>
- Vasconcelos, H.L. & H.G. Fowler. 1990. Foraging and fungal substrate selection by leaf-cutting ants, p. 410-419. In: R.K. Vander Meer; K. Jaffé & A. Cedeño (Eds). *Applied myrmecology – a world perspective*. Boulder, Westview Press, 741p.
- Viana-Bailez, A. M. & Endringer, F. B. 2016. Plasticity of foraging behavior in leaf-cutting ants. *Oecologia Australis* 20(3):332-340. [10.4257/oeco.2016.2003.02](https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2003.02)
- Vieira-Neto, E. H. M. & Vasconcelos, H. L. 2010. Developmental changes in factors limiting colony survival and growth of the leaf-cutter ant *Atta laevigata*. *Ecography* 33(3):538–544. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05875.x>

## 7. CONCLUSÃO GERAL

As alterações causadas pelo fogo afetaram a atividade de forrageio e a seletividade das colônias de *A. laevigata*. Entretanto, as alterações na estrutura da vegetação, como a diminuição da cobertura de copa teve efeito menos expressivo para as formigas do que as mudanças na composição da vegetação. Visto que, a temperatura e a umidade não diferiram entre as áreas (queimada e não queimada). No entanto, a mudança na composição florística tornou o ambiente com menor qualidade de recursos, aumentando a abundância de plantas rejeitadas e diminuindo a abundância de plantas preferidas e o teor de nutrientes disponível na vegetação. Assim, as plantas sucessionais do Cerrado podem não favorecer as formigas saúvas, por apresentarem características, como folhas mais duras e pilosas, diferentes daquelas dos biomas florestais brasileiros. Já que, a perturbação pelo fogo no cerrado stricto sensu aparentemente não trouxe impactos positivos para as formigas como são descritos em ambientes florestais perturbados, onde essas formigas aumentam a abundância de colônias, sendo beneficiadas pela redução de predadores e aumento em espécies de plantas pioneiras, em geral, preferidas e mais utilizadas.

**ANEXOS**

**Tabela 1A** - Classificação elaborada por Costa et al. (2019), das espécies de plantas presentes no território de forrageio da formiga *Atta laevigata* no Cerrado brasileiro, de acordo com o uso relativo pelas formigas.....64

**Tabela 2A** - Riqueza de espécies por família de uma comunidade vegetal em área de cerrado sentido restrito encontrada na Estação Ecológica do Panga em 2008 e em 2019, município de Uberlândia, MG, Brasil.....66

**Tabela 1A.** Classificação elaborada por Costa et al. (2019), das espécies de plantas presentes no território de forrageio da formiga *Atta laevigata* no Cerrado brasileiro, de acordo com o uso relativo pelas formigas.

<b>Espécies</b>	<b>Famílias</b>
<b>PREFERIDAS</b>	
<i>Banisteriopsis anisandra</i> (A.Juss.) B.Gates	Malpighiaceae
<i>Banisteriopsis argyrophylla</i> (A.Juss.) B.Gates	Malpighiaceae
<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	Polygalaceae
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll. Arg.	Rubiaceae
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	Nyctaginaceae
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Nyctaginaceae
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	Calophyllaceae
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Myrtaceae
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	Lauraceae
<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	Ochnaceae
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	Peraceae
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	Rubiaceae
<i>Securidaca rivinifolia</i> A.St.-Hil. & Moq.	Polygalaceae
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Siparunaceae
<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth.	Symplocaceae
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae
<b>REJEITADA</b>	
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	Apocynaceae
<i>Blepharodon</i> sp.	Apocynaceae
<i>Chromolaena cylindrocephala</i> Sch.Bip. ex Baker	Asteraceae
<i>Cissampelos ovalifolia</i> DC.	Menispermaceae
<i>Clitoria guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Fabaceae
<i>Cordia myrciifolia</i> (K. Schum.) C.H.Perss. & Delprete	Rubiaceae
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	Chrysobalanaceae
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.	Erythroxylaceae
<i>Eugenia aurata</i> O. Berg	Myrtaceae
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Myrtaceae
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	Apocynaceae
<i>Hyptis paludosa</i> A.St.-Hil. ex Benth	Lamiaceae
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	Lythraceae
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	Ochnaceae
<i>Peixotoa reticulata</i> Griseb.	Malpighiaceae

Espécies	Famílias
<b>REJEITADA</b>	
<i>Peritassa campestris</i> (Cambess.) A.C. Sm.	Celastraceae
<i>Rourea induta</i> Planch.	Connaraceae
<i>Secondatia</i> sp.	Apocynaceae
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Fabaceae
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Bignoniaceae
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	Rubiaceae
<i>Trichogonia attenuata</i> G.M.Barroso	Asteraceae
<b>NEUTRA</b>	
<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	Fabaceae
<i>Annona dioica</i> A.St.-Hil.	Annonaceae
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B. Gates	Malpighiaceae
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	Fabaceae
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	Malpighiaceae
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A. Juss.	Malpighiaceae
<i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltdl.	Annonaceae
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	Polygonaceae
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae
<i>Cuspidaria sceptrum</i> (Cham.) L. G. Lohmann	Bignoniaceae
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Fabaceae
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Fabaceae
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Myrtaceae
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel.	Fabaceae
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Fabaceae
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Fabaceae
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Melastomataceae
<i>Miconia fallax</i> DC.	Melastomataceae
<i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	Asteraceae
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae
<i>Myrcia variabilis</i> DC.	Myrtaceae
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Primulaceae
<i>Neea theifera</i> Oerst.	Nyctaginaceae
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Fabaceae
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burserraceae
<i>Psidium laruotteanum</i> Cambess.	Myrtaceae
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae
<i>Smilax brasiliensis</i> Spreng.	Smilacaceae
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	Fabaceae

---

<b>Espécies</b>	<b>Famílias</b>
NEUTRA	
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	Styracaceae
<i>Tachigali vulgaris</i> L. G. Silva & H. C. Lima	Fabaceae
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae
<i>Vernonanthura polyanthes</i> Spreng.	Asteraceae
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Myristicaceae

---

**Tabela 2A.** Riqueza de espécies por família de uma comunidade vegetal em área de cerrado sentido restrito encontrada na Estação Ecológica do Panga em 2008 e em 2019, município de Uberlândia, MG, Brasil. Q – refere se a riqueza encontrada na porção queimada, e NQ refere se a parte não queimada.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>2008</b>	<b>2019 Q</b>	<b>2019 NQ</b>
<b>Anacardiaceae</b>				
	<i>Anacardium</i> sp.			X
	<i>Anacardium humile</i> A.St.-Hil.		X	
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	X	X	X
<b>Annonaceae</b>				
	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	X	X	X
	<i>Annona tomentosa</i> R.E.Fr.		X	X
	<i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltld.	X	X	X
	<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil.) Saff.		X	
	<i>Duguetia</i> sp.		X	
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	X		X
<b>Apocynaceae</b>				
	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	X	X	X
	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	X	X	X
	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes		X	X
	<i>Himatanthus obovatus</i> (Mull. Arg.) Woodson	X	X	X
<b>Araliaceae</b>				
	<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltld.) Frodin	X	X	X
<b>Asteraceae</b>				
	<i>Dasyphyllum sprengelianum</i> (Gardner) Cabrera	X	X	
	<i>Eremanthus</i> sp.			X
	<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	X		
	<i>Gochnatia polymorpha</i> Less.	X	X	X
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	X	X	X
	<i>Vernonanthura polyanthes</i> Spreng.	X	X	
<b>Bignoniaceae</b>				
	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart		X	
	Espécie não identificada #1		X	
	Espécie não identificada #2		X	
	<i>Fridericia platyphylla</i> (Cham.) L.G. Lohmann		X	
	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	X	X	X
	<i>Jacaranda</i> sp.		X	X
	<i>Tabebuia</i> sp.			X
<b>Burseraceae</b>				
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	X	X	X
<b>Calophyllaceae</b>				
	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart.	X	X	X
	<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.		X	
	<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	X		

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>2008</b>	<b>2019 Q</b>	<b>2019 NQ</b>
Caryocaraceae				
	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	X	X	X
Celastraceae				
	<i>Plenckia populnea</i> Reissek		X	X
	<i>Salacia crassifolia</i> Mart.	X		
Chrysobalanaceae				
	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart & Zucc.) Benth.	X	X	X
	<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	X	X	X
	<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance			X
	<i>Licania humilis</i> Cham. & Schltdl.		X	
Combretaceae				
	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.		X	X
Connaraceae				
	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	X	X	X
	<i>Rourea induta</i> Planch.	X	X	X
Dilleniaceae				
	<i>Curatella americana</i> L		X	X
	<i>Davilla elliptica</i> A. St. - Hil	X	X	X
Ebenaceae				
	<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B.Walln.		X	
Erythroxylaceae				
	<i>Erythroxylum campestre</i> A. St. -Hil.	X	X	X
	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St. -Hil.	X	X	X
	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St. - Hil.	X	X	X
	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.		X	X
Euphorbiaceae				
	<i>Manihot</i> sp.		X	X
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	X	X	X
Fabaceae				
	<i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.	X	X	X
	<i>Bauhinia brevipes</i> Vogel		X	X
	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	X	X	X
	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	X	X	X
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	X	X	X
	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	X	X	X
	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	X	X	X
	<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr.		X	X
	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel.	X	X	X
	<i>Leptolobium elegans</i> Vogel		X	X
	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	X	X	X
	<i>Machaerium opacum</i> Vogel	X	X	X
	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	X	X	X
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel			X
	<i>Senna rugosa</i> (G.Don) H.S.Irwin & Barneby		X	X

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>2008</b>	<b>2019 Q</b>	<b>2019 NQ</b>
<b>Fabaceae</b>				
	<i>Senna</i> sp.		X	
	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart). Coville	X		X
	<i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.	X	X	X
	<i>Tachigali aurea</i> Tul.	X	X	X
	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G. Silva & H.C. Lima	X	X	X
	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	X	X	X
<b>Lamiaceae</b>				
	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	X	X	X
<b>Lauraceae</b>				
	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.			X
	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	X	X	X
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	X	X	X
<b>Loganiaceae</b>				
	<i>Strycnos pseudoquina</i> A. St. - Hil.	X	X	X
<b>Lythraceae</b>				
	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	X	X	X
<b>Malpighiaceae</b>				
	<i>Banisteriopsis anisandra</i> (A. Juss.) B. Gates	X	X	X
	<i>Banisteriopsis argyrophylla</i> (A. Juss.) B. Gates	X		X
	<i>Banisteriopsis</i> sp.		X	X
	<i>Banisteriopsis variabilis</i> B. Gates	X	X	X
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	X	X	X
	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	X	X	X
	<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	X	X	X
	<i>Byrsonima</i> sp.		X	
	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	X		X
	<i>Peixotoa reticulata</i> Griseb.	X	X	X
<b>Malvaceae</b>				
	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A.Robyns		X	X
	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart.) Schott & Endl.		X	X
<b>Melastomataceae</b>				
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	X	X	X
	<i>Miconia burchellii</i> Triana	X	X	X
	<i>Miconia fallax</i> DC.	X	X	X
<b>Moraceae</b>				
	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul.	X	X	X
	<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	X		
<b>Myristicaceae</b>				
	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	X	X	X
<b>Myrtaceae</b>				
	<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O. Berg	X		
	Espécie não identificada #3			X
	Espécie não identificada #4		X	X

<b>Família</b>				
	<b>Espécie</b>	<b>2008</b>	<b>2019 Q</b>	<b>2019 NQ</b>
<b>Myrtaceae</b>				
	<i>Eugenia aurata</i> O. Berg		X	X
	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	X	X	X
	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	X	X	X
	<i>Eugenia</i> sp.		X	X
	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.		X	
	<i>Myrcia pubescens</i> DC.		X	
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC	X	X	X
	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	X	X	X
	<i>Myrcia uberavensis</i> O. Berg		X	X
	<i>Myrcia variabilis</i> DC.	X	X	X
	<i>Psidium guineense</i> Sw.	X	X	
	<i>Psidium laruotteanum</i> Cambess.	X	X	X
<b>Nyctaginaceae</b>				
	<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	X	X	X
	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	X	X	X
	<i>Neea theifera</i> Oerst.	X	X	X
<b>Ochnaceae</b>				
	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	X	X	X
	<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	X	X	X
<b>Peraceae</b>				
	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	X	X	X
<b>Polygalaceae</b>				
	<i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.	X	X	X
	<i>Securidaca rivinifolia</i> A.St.-Hil. & Moq.	X		X
<b>Polygonaceae</b>				
	<i>Coccoloba mollis</i> Casar.			X
<b>Primulaceae</b>				
	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	X	X	X
<b>Proteaceae</b>				
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	X	X	X
<b>Rubiaceae</b>				
	<i>Cordia myrciifolia</i> K. Schum.	X	X	X
	<i>Cordia obtusa</i> (K. Schum.) Kuntze	X	X	X
	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	X	X	
	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	X	X	X
	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.			X
	<i>Palicourea rigida</i> Kunth	X	X	X
	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	X	X	X
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	X	X	X
<b>Rutaceae</b>				
	<i>Zanthoxylum</i> sp.		X	
<b>Salicaceae</b>				
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	X	X	X

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>2008</b>	<b>2019 Q</b>	<b>2019 NQ</b>
<b>Sapindaceae</b>				
	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	x	x	x
	<i>Serjania erecta</i> Radlk.		x	
<b>Sapotaceae</b>				
	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	x	x	x
<b>Siparunaceae</b>				
	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	x	x	x
<b>Solanaceae</b>				
	<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.		x	
<b>Styracaceae</b>				
	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	x	x	x
<b>Symplocaceae</b>				
	<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	x	x	x
<b>Urticaceae</b>				
	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul		x	
<b>Vochysiaceae</b>				
	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	x	x	x
	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	x	x	x
	<i>Qualea parviflora</i> Mart	x	x	x
	<i>Vochysia cinnamomea</i> Pohl	x		
	<i>Vochysia rufa</i> Mart.	x		
	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	x	x	x
<b>Espécies não identificadas</b>				
	# 4		x	
	# 5		x	
	# 6			x
	# 7		x	x
	# 8		x	
	# 9			x
	# 10			x
	# 11			x
	# 12		x	
	# 13		x	
	# 14	x		
	# 15	x		
	# 16	x		
	# 17	x		
	# 18	x		
	# 19	x		
	# 20	x		
	# 21	x		
	# 22	x		
	# 23	x		
	# 24	x		

<b>Família</b>				
	<b>Espécie</b>	<b>2008</b>	<b>2019 Q</b>	<b>2019 NQ</b>
	Espécies não identificadas			
	# 25	x		
	# 26	x		
	# 27	x		
	# 28	x		