

O EFEITO DO FOGO NA ABUNDÂNCIA DE AVES ESCAVADORAS E NÃO ESCAVADORAS DE NINHOS

Érica Hasui ¹

Lorenzo De Melo Nogues Giampaolo ²

Bianca Dinis da Silva ³

Bruno F. C. B. Adorno ⁴

Ederson Godoy ⁵

Milton Cezar Ribeiro ⁶

Biodiversidade e Conservação

Resumo

Os incêndios florestais estão se tornando mais frequentes e impactam a avifauna, influenciando sua seleção de áreas de nidificação e reprodução. Este estudo investigou como o regime de fogo afeta aves que nidificam em cavidades e seus habitats, testando a hipótese do distúrbio intermediário. Sugeriu-se que incêndios de baixa severidade serviriam como um desses distúrbios, podendo aumentar a criação de cavidades, favorecendo a nidificação de aves escavadoras de ninhos e consequentemente as não escavadoras, devido a sua importância como engenheiras do ecossistema. A pesquisa foi conduzida no Corredor Ecológico Cantareira-Mantiqueira, com dados de abundância e riqueza de aves coletados por amostragem de ponto fixo e os dados de incêndios foram obtidos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e extraídos pelo software QGIS. Utilizando ferramentas de análise de dados e modelos de regressão no programa R, pode ser observado quais variáveis dos dados possuíam mais efeito. Notou-se que a severidade do fogo não gerou dados suficientes para confirmar a hipótese do distrito intermediário, já a abundância de aves não escavadoras diminuiu significativamente com o aumento da cobertura florestal total incendiada e se o habitat já foi incendiado anteriormente. Demonstrado que os incêndios têm um impacto mais severo nas aves não escavadoras devido à sua dependência de cavidades já existentes, além de salientar a importância de fragmentos não atingidos pelo fogo como área de refúgio para essas aves. O estudo enfatiza a necessidade da conservação dessas espécies frente ao aumento da frequência de incêndios florestais na Mata Atlântica.

Palavras-chave: Incêndios florestais; Nidificação em cavidades; Florestas tropicais; Reprodução.

¹Orientação: Universidade Federal De Alfenas; Instituto de Ciências da Natureza; icn.unifal@unifal-mg.edu.br

Prof. Dr. Universidade Federal De Alfenas - Instituto de Ciências da Natureza, Érica.Hasui@unifal-mg.edu.br.

² Aluno do Curso de graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal De Alfenas - Instituto de Ciências da Natureza, Lorenzo.Giampaolo@unifal-mg.edu.br

³ Aluna do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal De Alfenas - Instituto de Ciências da Natureza, bianca.dinis@sou.unifal-mg.edu.br.

⁴ Aluno do Curso de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, brunoadorno.bio@gmail.com.

⁵ Prof. Me. Universidade Federal De Alfenas - Instituto de Ciências da Natureza, ederson.godoy@sou.unifal-mg.edu.br.

⁶ Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista - Departamento de Ecologia, miltinho.astronauta@gmail.com.



INTRODUÇÃO

Acredita-se que durante o Antropoceno, os seres humanos tenham modificado os padrões de incêndios florestais ao converter e fragmentar áreas de vegetação nativa para a agricultura e pecuária. Essas mudanças são mais evidentes em florestas tropicais que sofrem secas sazonais. Atualmente, incêndios florestais são mais frequentes nas regiões tropicais, especialmente onde há uma alta concentração de pessoas, extensas redes de estradas e proximidade de zonas agrícolas. Devido à falta de adaptação das comunidades de plantas e animais em florestas tropicais úmidas ao fogo, até incêndios de baixa intensidade podem prejudicar a fauna, principalmente nas aves (MALHI et al. 2014). Os efeitos principais do fogo na avifauna estão relacionados à reprodução e disponibilidade de locais para abrigo e nidificação, podendo ser tanto negativos quanto positivos. Na maioria dos casos, esses efeitos são prejudiciais, destruindo os habitats e fontes de alimento das aves, resultando na diminuição de sua abundância. No entanto, se o fogo não for tão intenso, as árvores podem sobreviver, desenvolvendo apenas cicatrizes que, com o tempo, podem se transformar em cavidades (GIBBONS e LINDENMAYER 2002). Essas cavidades desempenham um papel crucial, influenciando a abundância, diversidade e preservação de aves e outros vertebrados que as utilizam como locais de nidificação e abrigo em ambientes florestais (VON HAARTMAN 1957).

Dentre as aves que utilizam essas cavidades podemos mencionar os Psittacidae, Dendrocolaptidae, Ramphastidae, Falconidae, Strigidae, Tyrannidae e Troglodytidae. Estas famílias incluem espécies que obrigatoriamente nidificam em cavidades (CHRISTIANINI 2018). Além disso, algumas aves não apenas utilizam mas também criam essas cavidades usando seus bicos e garras adaptadas. As principais espécies incluem os pica-paus e surucuás, da família Picidae e Trogonidae respectivamente (COCKLE; MARTIN; WESOŁOWSKI 2011). Como a maioria das aves não pode criar suas próprias cavidades, suas populações podem ser limitadas pela disponibilidade de cavidades já existentes (NEWTON 1998). Assim, aves escavadoras de ninho são consideradas espécies-chave, isso significa que elas se destacam por exercer uma influência desproporcional na organização e no funcionamento de sua comunidade, resultante de certas características ou de interações com outras



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Portanto, são muito importantes para estudos de conservação de comunidades de aves não escavadoras, pois podem afetar diretamente sua abundância e diversidade (JONES; LAWTON; SHACHAK 1994). O impacto do fogo nas florestas na maioria das vezes é considerado prejudicial, onde a severidade dos incêndios afetam diretamente a disponibilidade de locais de nidificação para essas aves que escavam e utilizam dessas cavidades (SAAB; RUSSELL; DUDLEY 2009). Porém estudos indicam que a relação do fogo com essas aves pode se basear na ideia da hipótese de distúrbio intermediário, que propõe que a diversidade de espécies atinge seu ponto máximo em níveis intermediários de distúrbios (MOI et al. 2020). Assim, através do distúrbio intermediário provocado pelo fogo na floresta, as árvores conseguiriam resistir, e as cicatrizes formadas poderiam facilitar a criação de cavidades nas mesmas pelas aves escavadoras de ninho. Conseqüentemente, isso poderia aumentar tanto a abundância de aves escavadoras e como de aves não escavadoras que também nidificam nessas cavidades (MARTIN; EADIE 1999). Porém, esses estudos sobre as relações entre o fogo e essas espécies de aves não são muito exploradas por serem difíceis de estudar experimentalmente. Devido aos desafios logísticos, clima imprevisível e preocupações de segurança ao lidar com ambientes incendiados e o fogo em si (SANDOVAL; BARRANTES 2009).

O objetivo deste estudo é analisar os efeitos diretos e indiretos da severidade e da extensão dos incêndios florestais sobre a relação entre espécies de aves escavadoras e não escavadoras. Nossa hipótese é que com o aumento da severidade e a extensão do fogo em níveis intermediários, as árvores sobreviveriam e aumentaria a quantidade de cicatrizes, facilitando a formação de cavidades em árvores, que são essenciais para a nidificação dessas aves. A maior disponibilidade de cavidades deve, conseqüentemente, favorecer a abundância tanto de espécies escavadoras quanto não escavadoras.



METODOLOGIA

Os dados das aves utilizados neste projeto foram coletados na região do Corredor Ecológico Cantareira-Mantiqueira onde foram selecionadas 15 paisagens (Figura 1) a partir de dados de pontos de incêndios em habitats florestais, obtidos do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020). Foram selecionadas paisagens com ocorrência de incêndios entre 2014, 2021 e 2022 e foram utilizados como ponto de partida para a identificação e mapeamento das áreas afetadas pelo fogo, fazendo o uso de cicatrizes de incêndios antigos. Essas cicatrizes foram analisadas com base nas imagens provenientes do satélite LANDSAT 8, nível 2 (USGS Earth Explorer, 2022), através do cálculo do índice de queimada normalizada (NBR).

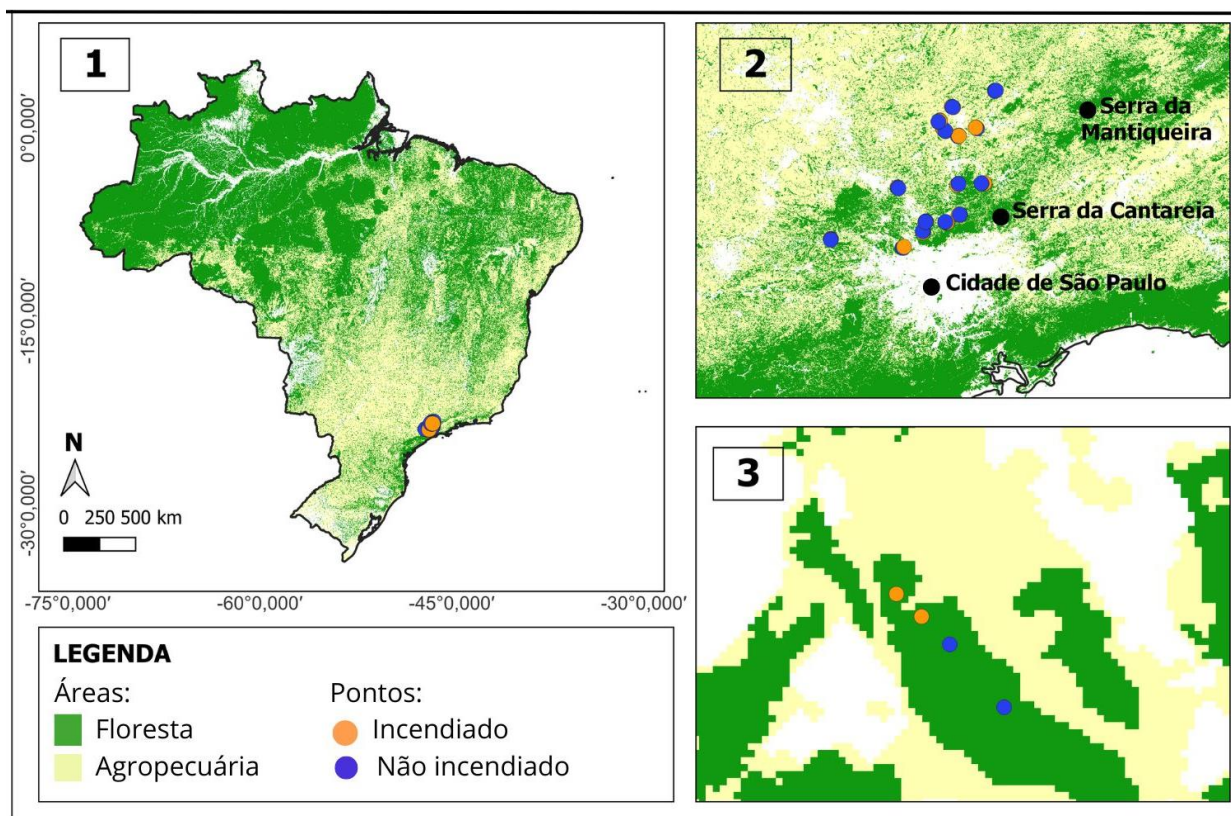
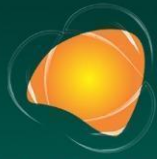


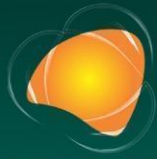
Figura 01: Mapa da área de estudo em 3 escalas: 1) Mapa do Brasil. 2) Área dos 15 pontos de amostragem no Corredor ecológico entre as serras Cantareira e Mantiqueira. 3) Área de uma das paisagens e como foi distribuído os pontos fixos de amostragem.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

A amostragem das aves ocorreu em nível de paisagem entre outubro de 2022 e janeiro de 2023, abrangendo o período reprodutivo do grupo. Foi utilizado o método de amostragem ponto fixo (GOLDSMITH; SUTHERLAND 2006). Os pontos foram distribuídos de maneira aleatória, porém em cada paisagem teve, obrigatoriamente, dois pontos em florestas incendiadas e dois pontos em florestas não incendiadas. Assim, foi feita uma filtragem dos dados coletados, selecionando as aves que nidificam em cavidade. Foram levantados dados como família, gênero e se as espécies eram escavadoras de seus próprios ninhos ou não (WIKIAVES 2024). Foi utilizado o programa R para unir esses dados aos de ponto de amostragem através da métrica do código do ponto amostrado, possibilitando definir a abundância dessas aves em cada ponto. Para os dados referente ao fogo, foram pegos 4 mapas do estado de São Paulo da plataforma Mapbiomas sobre a ocorrência do fogo nos anos 2014, 2020 e 2021, junto a tabela de frequência do fogo dos anos de 1985 até 2022. Após isso utilizando o software QGis foi retirado diversas métricas do fogo que poderiam afetar as aves alvo do projeto, para posteriormente serem filtradas e selecionadas. Através da plataforma de linguagem de computação R, uniu todas as métricas citadas através da variável do código de cada ponto da paisagem e foi padronizado as escalas dos dados.

A próxima etapa envolveu a correlação das métricas, onde foram eliminadas aquelas que forneciam informações redundantes. Em seguida, o programa R aplicou o método de regressão para filtrar e selecionar as variáveis preditivas, as que possuíam dados relevantes para a pesquisa, sendo elas: severidade do fogo, cobertura florestal total incendiada, diferença na condição do habitat e a interação entre essas variáveis, além da abundância de aves em cada ponto de amostragem. As hipóteses do estudo foi testada através da análise de caminhos, onde as relações entre as variáveis são baseadas em um modelo preditivo, onde uma variável tem efeito causal sobre a outra, sendo expressas em um diagrama de caminhos (HEISE 1975) do tipo de regressão múltipla que permite identificar as relações lineares diretas e indiretas entre as variáveis (WRIGHT 1921). Por fim foi gerado um modelo integrado que explique e mensure as relações entre as variáveis, sendo realizada através do coeficiente de análise de caminhos, obtidos por meio das equações de regressão. Descartando os modelos não significativos, os caminhos com maiores coeficientes apresentam os maiores efeitos causais (SHIPLEY, B. 1997).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionadas um total de 54 espécies de aves que nidificam em cavidades, sendo 22 escavadoras e 32 não escavadoras. Contudo foram evidenciados padrões distintos na abundância de aves escavadoras e não escavadoras de ninhos em resposta às variáveis ambientais relacionadas aos incêndios florestais.

Com relação às Aves Não Escavadoras os resultados sugeriram um impacto mais direto e negativo dos incêndios. A primeira variável foi a de cobertura florestal total incendiada foi determinante para a redução da abundância dessas aves. Assim, quanto maior foi a cobertura florestal incendiada, menor foi a abundância de aves não escavadoras. Espécies que dependem de cavidades já existentes, como algumas espécies de papagaios e corujas, foram significativamente afetadas, pois incêndios mais intensos tendem a destruir as cavidades disponíveis ou a eliminar as árvores mais antigas e maiores, que são fundamentais para a nidificação dessas aves, além de destruir suas fontes de alimento, não deixando a floresta se recuperar (SAAB et al., 2011).

Já a segunda variável, da condição do habitat teve um efeito negativo, porém dependeu do tipo do habitat e da interação com a cobertura florestal total incendiada, nos pontos amostrados de habitats de florestas incendiadas quanto maior a cobertura florestal incendiada menor foi a abundância de aves não escavadoras. Porém nos pontos amostrados de habitats de florestas não incendiadas, quanto maior a cobertura florestal incendiada, a abundância de aves não escavadoras se mantém constante e seguro e a abundância de aves não escavadoras não sofre mudanças (Figura 02). Isso ocorre devido a importância de áreas com vegetação densa com troncos e árvores saudáveis mesmo em locais incendiados, sendo cruciais para as aves atingidas pelo fogo se refugiarem, para fazerem seus ninhos e se alimentarem (SAAB et al., 2007).



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

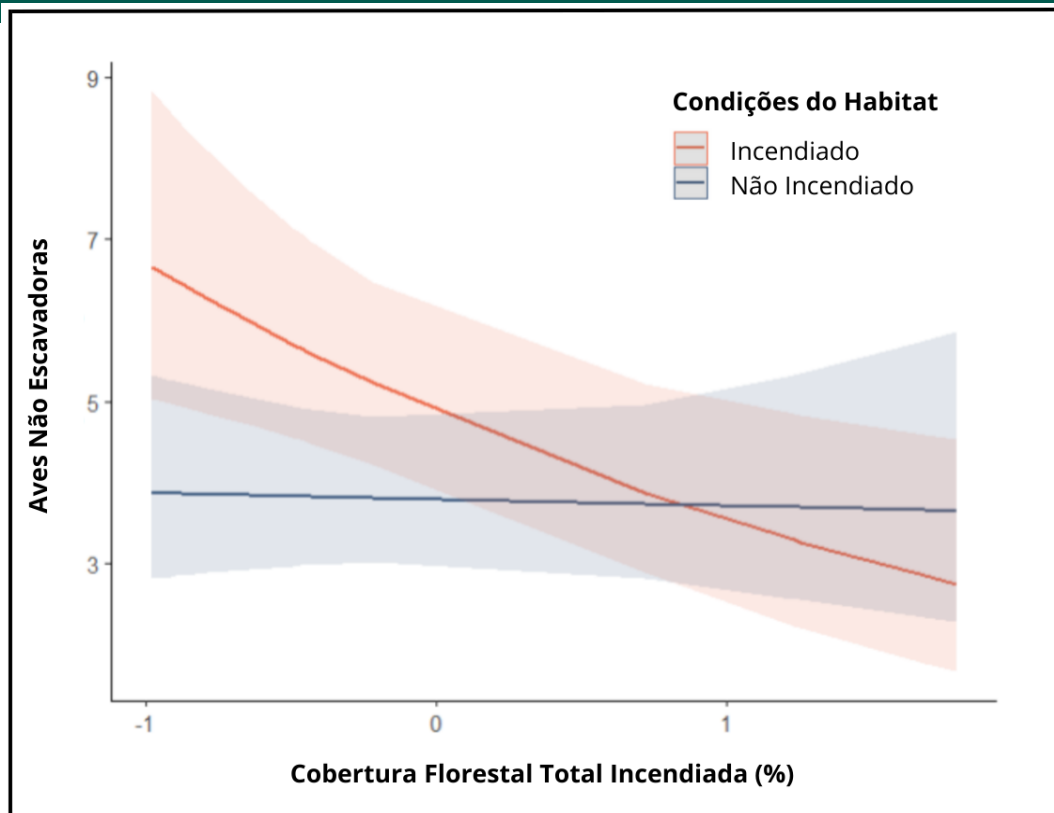


Figura 02: Gráfico do efeito das variáveis de cobertura florestal total incendiada e Condição do habitat sob a abundância de aves não escavadoras de ninho.

Para o grupo de aves escavadoras, foi utilizado as variáveis de severidade do fogo e condição do habitat, não explicaram de maneira adequada a variação na abundância das aves escavadoras. Isso pode ter ocorrido pela diversidade de resposta dentro do grupo. Futuros trabalhos poderiam subdividir este grupo de acordo com o tipo de cavidade (barranco e tronco de árvores) das aves escavadoras por família, para entender melhor os padrões de resposta ecológica a incêndios florestais.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Ao juntar todos os dados foi possível gerar o modelo integrativo final (Figura 03). Demonstrando agora também que a abundância de aves escavadoras mostrou-se positivamente correlacionada com a presença de aves não escavadoras. Assim indicando que as cavidades criadas pelas primeiras são essenciais para a sobrevivência e reprodução das segundas, porém não teve suporte estatístico suficiente para uma confirmação mais concreta dessa relação. No modelo integrativo (Figura 03) estão presentes os valores dos coeficientes padronizados de caminho mostrando em valores numéricos o efeito de cada variável sobre a outra. Também estão presentes os valores do método de Fisher, que em estudos ecológicos, pode ser utilizado para sintetizar a significância dos resultados dos diferentes testes e relações entre as variáveis citadas, assim trazendo uma veracidade para os resultados.

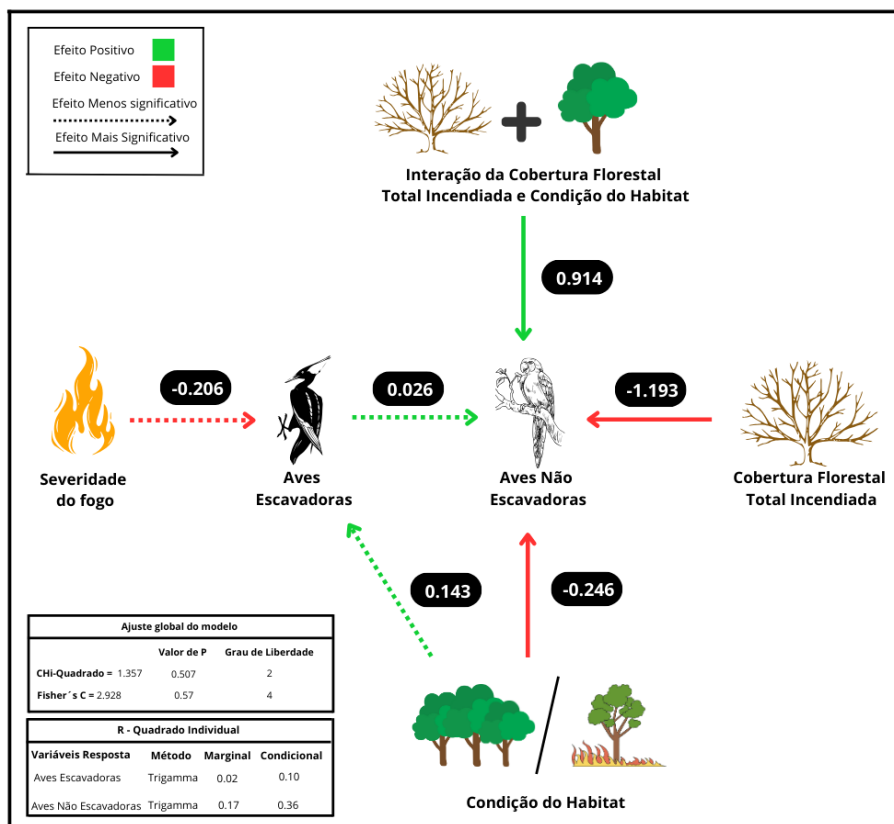
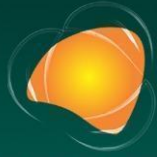


Figura 03: Modelo integrativo final expondo os efeitos das variáveis de cobertura florestal total incendiada, severidade do fogo, condição do habitat sobre a abundância, bem como a própria interação entre essas variáveis entre si.



O estudo demonstrou a complexidade das interações entre os incêndios florestais e a abundância de aves escavadoras e não escavadoras de ninhos no Corredor Ecológico Cantareira-Mantiqueira. A diminuição significativa na abundância dessas aves, associada à maior cobertura florestal incendiada e à condição degradada do habitat, destaca o impacto adverso dos incêndios sobre essas espécies, que são mais vulneráveis devido à sua incapacidade de criar cavidades por conta própria.

Em termos de conservação, os resultados indicam que é essencial implementar estratégias que priorizem a proteção de fragmentos florestais mais antigos e maduros, incentivando a recuperação de áreas queimadas de maneira sustentável. Assim protegendo árvores maduras, que são essenciais para garantir a disponibilidade de locais de nidificação para ambas as categorias de aves. Além de áreas florestais não afetadas pelo fogo oferecem refúgio para aves não escavadoras, enquanto a regeneração de cavidades em áreas queimadas pode ser facilitada por intervenções de manejo que assegurem a preservação de árvores propícias à formação de novas cavidades.

Conclui-se que, diante do aumento da frequência de incêndios florestais, especialmente na Mata Atlântica, é urgente que as políticas de conservação levem em consideração as necessidades tanto das aves escavadoras quanto das não escavadoras. A integração de variáveis ambientais e ecológicas ao manejo de incêndios é fundamental para garantir a preservação desses grupos de aves e, por conseguinte, a manutenção da biodiversidade nas áreas afetadas. As próximas etapas de pesquisa devem buscar maior detalhamento nas análises e considerar o desenvolvimento de abordagens de conservação que minimizem os impactos negativos dos incêndios e promovam a resiliência das comunidades de aves cavitárias.



REFERÊNCIAS
EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

BEDNARZ, J. C.; RIPPER, D.; RADLEY, P. M. Emerging Concepts and Research Directions in the Study of Cavity-Nesting Birds: Keystone Ecological Processes. **The Condor**, v. 106, n. 1, p. 1–4, 1 fev. 2004.

CHRISTIANINI, A. V. Several cavity-nesting birds fight for a single tree hollow in an Atlantic Forest fragment: consequence of increasing nest-site limitation? **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 26, n. 1, p. 12–14, mar. 2018.

COCKLE, K. L.; MARTIN, K.; WESOŁOWSKI, T. Woodpeckers, decay, and the future of cavity-nesting vertebrate communities worldwide. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 7, p. 377–382, 31 maio 2011.

GIBBONS, P.; LINDENMAYER, D. Tree Hollows and Wildlife Conservation in Australia. [s.l.] **CSIRO Publishing**, 2002.

GOLDSMITH, F. B.; SUTHERLAND, W. J. Ecological Census Techniques: A Handbook. **The Journal of Ecology**, v. 85, n. 1, p. 107, fev. 1997.

HEISE, D. R. **Causal analysis**. New York: Wiley, 1975.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE, **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais**. 2020. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 28 de out. 2023.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as Ecosystem Engineers. **Oikos**, v. 69, n. 3, p. 373–386, abr. 1994.

MALHI, Y. et al. Tropical Forests in the Anthropocene. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 39, n. 1, p. 125–159, 17 out. 2014.

MAPBIOMAS. *Projeto MapBiomass*. São Paulo: MapBiomass, 2024. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 18 Abr. 2024.

MARTIN, K.; EADIE, J. M. Nest webs: A community-wide approach to the management and conservation of cavity-nesting forest birds. **Forest Ecology and Management**, v. 115, n. 2-3, p. 243–257, mar. 1999.

MOI, D. A. et al. Intermediate Disturbance Hypothesis in Ecology: A Literature Review. **Annales Zoologici Fennici**, v. 57, n. 1-6, p. 67, 14 mai. 2020.

NEWTON, I. Population limitation in birds The last 100 years. **British Birds**. San Diego, CA Academic Press, p. 518-539, Set. 2007.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. *QGIS Geographic Information System*. Versão 3.22. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <https://qgis.org/>. Acesso em: 21 Mai. 2024.



SAAB, V. A.; RUSSELL, R. E.; DUDLEY, J. G. Nest-site selection by cavity-nesting birds in relation to postfire salvage logging. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 1, p. 151–159, jan. 2009.

SAAB, V. A.; RUSSELL, R. E.; ROTELLA, J.; DUDLEY, J. G. Modeling nest survival of cavity-nesting birds in relation to postfire salvage logging. **The Journal of Wildlife Management**, v. 75, p. 794–804, 2011.

SANDOVAL, L.; BARRANTES, G. Relationship between Species Richness of Excavator Birds and Cavity–adopters in Seven Tropical Forests in Costa Rica. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 121, n. 1, p. 75–81, mar. 2009.

SHIPLEY, B. Exploratory Path Analysis With Applications in Ecology and Evolution. **The American Naturalist**, v. 149, n. 6, p. 1113–1138, jun. 1997.

SILVA, B. D. *Incêndios florestais na Mata Atlântica: impactos nos traços ecomorfológicos de comunidades de aves*. 2023. 19f. Tese de Mestrado - Universidade Federal De Alfenas, Alfenas, 2023.

USGS - U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov> . Acesso em: 29 de out. 2023.

VON HAARTMAN, L. ADAPTATION IN HOLE-NESTING BIRDS. **Evolution**, v. 11, n. 3, p. 339–347, set. 1957.

WikiAves (2024) *WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil*. Disponível em: <http://www.wikiaves.com.br/> . Acesso em: 20 Abr. 2024.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of agricultural research**, v. 20, n. 7, p. 557--585 , 1921.