

PADRÕES DE OCUPAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *PENELOPE PILEATA* (GALLIFORMES, CRACIDAE) NO LESTE AMAZÔNICO, UMA AVE GLOBALMENTE AMEAÇADA E ENDÊMICA DA AMAZÔNIA

Willane da Silva Rodrigues¹
Gracijane Oliveira Galvão²
Kawan William Correia de Sousa³
Carlos Salustio Gomes⁴
Randson Modesto Coêlho da Paixão⁵
Flávio Kulaif Ubaid⁶

INTRODUÇÃO

No Brasil, as alterações nos ecossistemas tropicais têm resultado na perda de biodiversidade devido à destruição de habitats florestais adequados a várias espécies de aves, em função, principalmente, do avanço da agropecuária (BARLOW *et al.*, 2007 a,b, PAIXÃO *et al.*, 2024). À medida que as novas condições ambientais excluem espécies dependentes de florestas, ocorre uma perda significativa de biodiversidade e interrupção dos serviços ecológicos. Desta forma, é crucial que iniciativas globais compreendam melhor esses mecanismos para desenvolver estratégias eficazes de gestão de áreas prioritárias para conservação.

O jacupiranga (*Penelope pileata*) é uma ave galiforme endêmica do centro-sul e sudeste da Amazônia brasileira (DEL HOYO; KIRWAN, 2020). Semelhante a outras aves de grande porte, a espécie é alvo de caça ilegal e sofre com a perda de habitats florestais, resultando em um declínio significativo de suas populações nas últimas décadas (BRASIL, 2018). Por essas razões, *Penelope pileata* está classificada globalmente como ‘Vulnerável’ (VU) à extinção na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas (BRASIL, 2022). Embora se

¹ Mestra em Saúde e Ambiente pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA, willanerodrigues20@gmail.com;

² Graduanda em Ciências Naturais Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, gracijaneuema@gmail.com

³ Graduando em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, kawanwilliam26@gmail.com

⁴ Mestre em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, carlos25salu@gmail.com;

⁵ Doutor em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, randsonmodesto@ymail.com.

⁶ Doutor em Ciências Biológicas e Professor adjunto pela Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, flavioubaid@gmail.com

presuma que historicamente a espécie ocupasse habitats florestais mais integrados, apenas recentemente foi avaliado o efeito desse fator sobre sua ocupação (FERREIRA *et al.* 2024).

Diversas pesquisas têm buscado maneiras de monitorar as populações silvestres e avaliar a influência de preditores ambientais sobre suas distribuições atuais. Uma dessas abordagens é a modelagem de ocupação de espécies, uma ferramenta essencial para compreender a distribuição e a dinâmica populacional das espécies em diferentes habitats (MACKENZIE *et al.*, 2002). Esse método geralmente leva em consideração a detecção imperfeita das espécies, utilizando modelos estatísticos que ajustam simultaneamente as probabilidades de ocupação e detecção (DONOVAN; HINES; MACKENZIE, 2023).

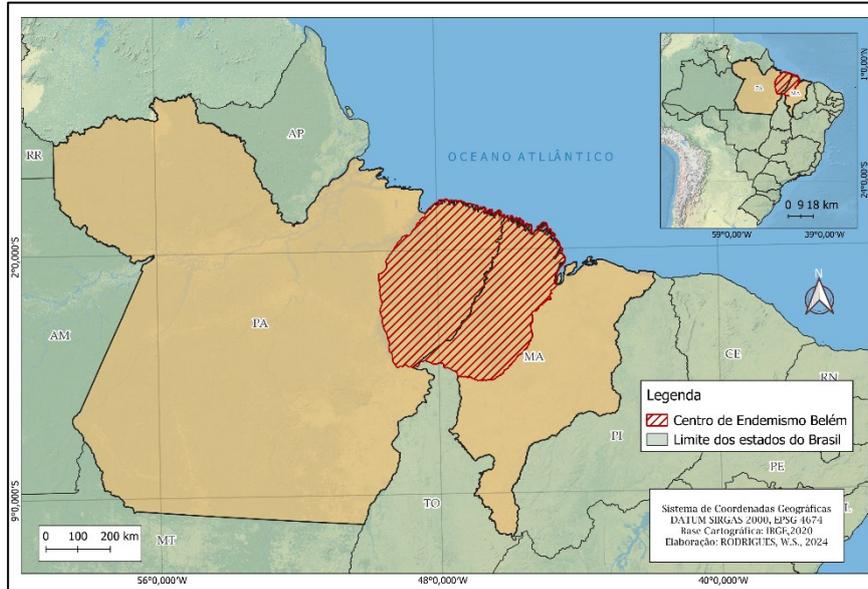
Neste estudo, foram analisados os fatores que determinam os padrões de ocupação e distribuição em larga escala espacial de *Penelope pileata*. Esta espécie possui uma distribuição restrita na amazônica e é intensamente caçada tanto como fonte de alimento quanto como espécime para aviários, e vive em território que sofreu intenso desflorestamento na Amazônia brasileira (DEL HOYO; KIRWAN, 2020). O objetivo do estudo foi atualizar o conhecimento sobre a ocorrência dessa espécie e identificar áreas prioritárias para sua conservação. Para isso, foi utilizada a modelagem hierárquica de ocupação (*single-season occupancy models*), que leva em consideração a detecção imperfeita das espécies e a associação de múltiplos fatores históricos e ambientais para estimar áreas-chave.

METODOLOGIA

Área de estudo

O Centro de Endemismo Belém - CEB (Figura 1) é banhado a norte pelo Oceano Atlântico, a leste pelos limites da Amazônia e a sul e a oeste pelo rio Tocantins. O CEB possui área de 243.000 km² (5,88% do total do domínio fitogeográfico da Amazônia), contemplando 27 unidades de conservação, 14 terras indígenas e 147 municípios (62 no Estado do Pará e 85 no Maranhão), entre as coordenadas geográficas 00° 30' 00" e 06° 00' 00" de latitude Sul e 44° 00' 00" e 50° 00' 00" de longitude WGr (ALMEIDA; VIEIRA, 2010).

Figura 1- Localização do Centro de Endemismo Belém nos estados do Maranhão e Pará.



A geologia da região é definida pelas características do Planalto Setentrional Pará-Maranhão, essencialmente um conjunto de relevos tubulares rebaixados com cotas altimétricas entre 200 e 300 metros (PARÁ, 1995). A unidade climática predominante na região é a Equatorial úmida e Tropical Zona equatorial (BARROS *et al.*, 2013). A área possui pelo menos três unidades de relevo, segundo Ross (1990): Planalto, depressões, planícies e tabuleiros litorâneos. Os principais rios na porção do estado do Pará são: Tocantins, Guamá, Moju, Acará- Mirim, Acará, Capim, Tomé- Açú e Piriá, e na porção do estado do Maranhão, os rios Mearim, Pericumã, Grajaú e Pindaré (BARROS *et al.*, 2013).

Coleta de dados de ocorrência

Foram coletados registros de ocorrência de *Penelope pileata* para o período 2000 a 2023. Esses registros foram obtidos em plataformas on-line que armazenam dados de ciência cidadã (como WikiAves, eBird, Xeno-Canto e SpeciesLink), coleções ornitológicas (Museu Paraense Emílio Goeldi) e literatura (artigos e periódicos científicos), utilizando sempre a nomenclatura taxonômica mais atual da espécie. Todos os registros obtidos foram revisados e corrigidos quando necessário, para evitar possíveis vieses de amostragem.

Dados Ambientais

Foram selecionados seis preditores ambientais para prever as probabilidades de ocupação da espécie, a saber: Índice da Integridade Florestal, Floresta alagada, Formação

florestal, Cobertura de áreas protegidas e territórios tradicionais, temperatura e rugosidade. O preditor de terreno foi obtido a partir do repositório do Open Topography, coleção Copernicus Global Digital Elevation Models, com resolução de 90 m. O preditor de temperatura, do site *Worldclim* (resolução espacial de 10 min); as variáveis Cobertura de áreas protegidas do site do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2024), Cobertura de terras indígenas Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI, 2020), Cobertura de territórios quilombolas Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2024), Integridade da paisagem florestal (GRANTHAM *et al.*, 2020), Cobertura de floresta alagável e Cobertura de campo alagado e área pantanosa (SOUZA JR. *et al.*, 2020).

Análises dos dados

Utilizou-se o modelo de ocupação de temporada única (*single-season occupancy model*), considerando a probabilidade de ocupação (ψ) e de detecção (ρ). Os registros foram organizados anualmente para cada sítio, com “1” indicando detecção e “0” indicando não-deteção, compondo os históricos de ocorrência (MACKENZIE *et al.*, 2017). O parâmetro ocupação foi modelo a partir de preditores ambientais como clima, relevo e vegetação, enquanto que a detecção foi avaliada em relação ao número de observadores por município e respectivas tendências de esforços amostrais. A tendência do esforço amostral foi baseada nos dados dos observadores por município da plataforma Wikiaves, que possui alto poder preditivo devido ao grande número de registros de diversas aves (ZULIAN; MILLER; FERRAZ, 2021). Essas análises foram realizadas no software Mark.

Os modelos foram gerados de acordo com o AICc (Critério de Informação de Akaike para pequenas amostras) e o Δ AICc (diferença entre o AICc do modelo i e do melhor ranqueado). Os melhores ajustes são dos modelos que apresentam Δ AIC $< 2,00$ (BURNHAM; ANDERSON, 2004). Também foi possível avaliar o peso das variáveis ($w \geq 0,50$) que podem estar afetando a ocupação e detecção da espécie (BURNHAM; ANDERSON, 2004; PAIXÃO, 2022). Para elaboração dos mapas com as probabilidades de ocupação, foi utilizado o software QGIS 3.28.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram gerados 256 modelos com estimativas de ocupação e detecção de *Penelope pileata* para os 152 municípios que compreendem o CEB. A partir do ranqueamento, foram obtidos modelos com melhor ajuste (Tabela 1).

Tabela 1 – Modelos de Ocupação para *Penelope pileata* no Centro de Endemismo Belém, Amazônia brasileira.

Modelos	AIC _c	ΔAIC _c	W	K
ψ (Mun + FloAla) ρ (Log + Obs)	227,46	0,00	0,06	6
ψ (Mun + FloAla) ρ (Log)	228,22	0,76	0,04	5
ψ (Mun + Rug) ρ (Log + Obs)	228,60	1,14	0,03	6
ψ (Mun) ρ (Log + Obs)	228,68	1,21	0,03	5
ψ (Mun + FloAla + APTT) ρ (Log + Obs)	228,93	1,46	0,03	7
ψ (Mun + FloAla + Rug) ρ (Log + Obs)	229,11	1,65	0,03	7
ψ (Mun + Tem) ρ (Log + Obs)	229,28	1,82	0,02	6
ψ (Mun) ρ (Log)	229,32	1,86	0,02	4

Legenda: AIC_c = Critério de Informação de Akaike para pequenas amostras; ΔAIC_c = diferença entre o AIC_c do modelo i e do melhor ranqueado; W = peso do modelo; K = n° de parâmetros; ψ = probabilidade de ocupação; ρ = probabilidade de detecção; Mun = área do município; FloAla = cobertura de floresta alagável; Rug = rugosidade; APTT = cobertura de áreas protegidas e territórios tradicionais; Tem = variação da temperatura diurna; Log = tendência logística do esforço amostral; Obs = n° de observadores de aves.

A variável de maior peso, que foi a floresta alagável ($w = 0,52$), influenciou negativamente a ocupação de *P. pileata* (Figura 3). Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que a espécie ocupa principalmente florestas de terra firme. Apesar de utilizar preferencialmente o estrato arbóreo, a espécie forrageia no solo, tornando as florestas alagáveis ambientes menos adequados para sua ocupação (BRASIL, 2018). Porém, é importante considerar que as informações sobre uso do habitat por *Penelope pileata* ainda não são bem conhecidas (DEL HOYO; KIRWAN, 2020).

Figura 2 - Relação entre a Probabilidade de Ocupação de *Penelope pileata* e a distribuição de florestas alagáveis no Centro de Endemismo Belém.

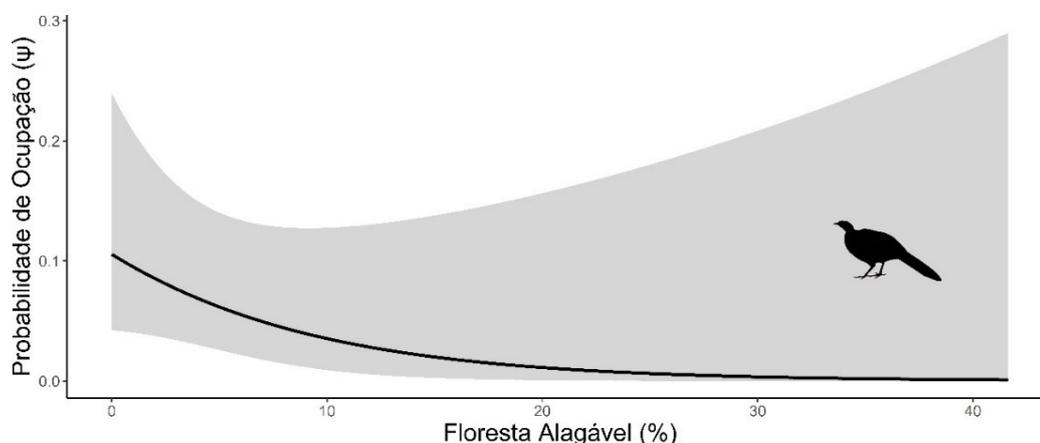
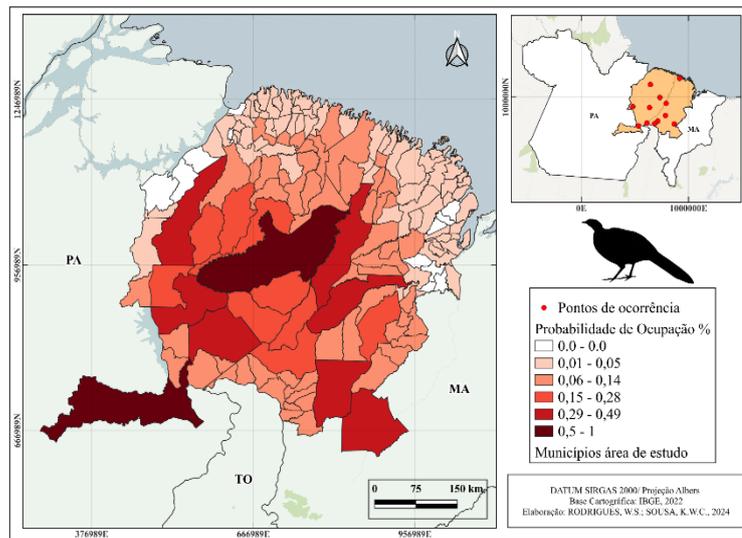


Figura 3 – Probabilidade de Ocupação de *Penelope pileata* no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Brasileira.



Entre os municípios com maior probabilidade de ocupação por *Penelope pileata*, localizados na divisa entre o Pará e o Maranhão, encontra-se a Serra do Tiracambu, uma região predominantemente coberta por floresta ombrófila densa do platô na bacia do rio Gurupi (ROLIM; NASCIMENTO; ASSUNÇÃO, 2011). Ainda segundo esses autores, a presença de fragmentos florestais conservados nessa região oferece uma rica variedade de espécies arbóreas, essenciais como abrigo e fontes de alimentação e a reprodução para muitas espécies de aves.

No que se refere a detecção, a distribuição dos registros de *Penelope pileata* segue uma tendência logística, e pode ser explicado aumento dos registros por observadores de aves ao longo dos anos (TUBELIS, 2023). Estes resultados demonstram que maiores esforços de detecção sobre a região serão relevantes para produção de conhecimento sobre os padrões de ocupação das espécies, e conseqüentemente, outros aspectos de sua biologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este é o primeiro estudo a avaliar o papel de múltiplos fatores ambientais na ocupação histórica em larga escala de *Penelope pileata*, considerando a detecção imperfeita. Este estudo também identificou fatores que limitam as distribuições da espécie na porção leste da Amazônia, o que pode subsidiar a tomada de decisão por gestores ambientais nos locais indicados, direcionando ações de conservação sobre áreas-chaves na Amazônia. Diante das mudanças atuais que influenciam o uso e ocupação de *Penelope pileata* na Amazônia, trabalhos como este serão essenciais para priorizar áreas-chave para sua conservação e

subsidiar estratégias que garantam a proteção dos habitats em que as espécies ameaçadas ocorrem.

Palavras-chave: Aves, modelos de ocupação, covariáveis, floresta alagável, detecção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G. Centro de Endemismo Belém: Status da Vegetação Remanescente e Desafios para a Conservação da Biodiversidade e Restauração Ecológica. **Revista de Estudos Universitários - REU**, Sorocaba, v. 36, n. 3, 2010. Disponível em: <https://periodicos.uniso.br/reu/article/view/501>. Acesso em: 09 ago. 2024.

BARLOW, J., GARDNER, T. A., ARAÚJO, I. S., et al. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.104, n. 47, p.18555-18560, 2007a.

BARLOW, J.; MESTRE, L. A.; GARDNER, T. A.; PERES, C. A. The value of primary, secondary and plantation forests for Amazonian birds. **Biological conservation**, v.136, n. 2, p. 212-231, 2007b.

BARROS, M.; VIEIRA, I.C.G.; ALMEIDA, A.S DE.; LAMEIRA, W. **Cenários para Amazônia: Área de Endemismo Belém Sumário Executivo**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2013, 40 p.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume III**. Brasília, DF: ICMBio, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-contenido/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol3.pdf. Acesso em: 8 ago. 2024.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022**. Altera os anexos das Portarias MMA nº 443, 444 e 445, de 2014, que dispõem sobre as espécies da fauna e da flora brasileiras ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 08 jun. 2022. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf. Acesso em: 9 ago. 2024.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Seleção de modelos e inferência multimodelo**. 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285296858_Model_Selection_and_Multimodel_Inference. Acesso em: 7 ago. 2024.

DEL HOYO, J.; KIRWAN, G. M. (2020). White-crested Guan(Penelope pileata). **Birds of the World**. Laboratório Cornell de Ornitologia, Ithaca, NY, EUA. Disponível em: <https://birdsoftheworld.org/bow/species/whcgu1/1.0/introduction>. Acessado em 09 ago. 2024

DONOVAN, T.; HINES, J.; MACKENZIE, D. OccupancyTuts: Occupancy modelling tutorials with RPresence. **Métodos em Ecologia e Evolução**, v. 15, p. 477-483, 2023.

Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/2041-210X.14285>. Acesso em: 14 ago. 2024.

FERREIRA, E. B. L.; GONÇALVES, G. S. R.; MORAES, K. F. de; MATOTELE, H. R.; SANTOS, M. P. D. Effect of climate change and deforestation on populations of *Penelope pileata* (Galliformes-Cracidae). **Journal of Ornithology**, v.165, p. 1-11, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10336-024-02155-2>. Acesso: 13 ago. 2024.

FUNAI. Fundação Nacional dos Povos Indígenas. **Terras Indígenas: Dados Geoespaciais e Mapas. 2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: 6 ago. 2024.

GRANTHAM, H. S.; DUNCAN, A.; EVANS, T. D.; JONES, K. R.; BEYER, H. L.; SCHUSTER, R.; et al. Anthropogenic modification of forests means only 40% of remaining forests have high ecosystem integrity. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-19493-3#citeas>. Acesso em: 13 ago. 2024.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Áreas de quilombolas**. Disponível em: https://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py. Acesso em: 6 ago. 2024.

MACKENZIE, D. I.; NICHOLS, J. D.; LACHMAN, G. B.; DROEGE, S.; ROYLE, J. A.; LANGTIMM, C. A. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. **Ecology**, v. 83, n. 8, p. 2248-2255, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228821155_Estimating_Site_Occupancy_Rates_When_Detection_Probabilities_Are_Less_Than_One. Acesso em: 13 ago. 2024

MACKENZIE, D. I.; NICHOLS, J. D.; ROYLE, J. A.; POLLOCK, K. H., BAILEY, L.; HINES, J. E. **Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence**. 2. ed. Burlington: Elsevier, 2017.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação: mapa interativo**. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/map>. Acesso em: 6 ago. 2024.

PAIXÃO, R. M. C. da. **Ocupação de Passeriformes Endêmicos e Ameaçados em um Centro de Endemismo altamente fragmentado**. 2022. (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN do Norte, UFRN, Natal, 2022.

PAIXÃO, R. M. C.; SALUSTIO-GOMES, C.; TOLEDO-LIMA, G. S.; GIANUCA, A. T.; PICHORIM, M. Historical occupancy of the Yellow-green Grosbeak *Caryothraustes canadensis* (Aves, Cardinalidae) in the far north of the Atlantic Forest. **Zoological Studies**, v. 63, p. 32, 2024. Disponível em: <https://zoolstud.sinica.edu.tw/Journals/63/63-32.html>. Acesso em 14 ago.2024.

PARÁ (Estado). Instituto de Desenvolvimento Econômico-Social do Pará, Setor de Coleta e Tratamento de Dados (IDESP). **Síntese dos Municípios**. São Francisco do Pará, 1-7p. 1995.

ROLIM, S. G.; NASCIMENTO, H.E. M.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L. Estrutura da Floresta Ombrófila na Serra do Tiracambu, Amazônia Maranhense. *In*: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; FIUZA DE MELO, M. M. da R.; ANDRADE, L. A. de; MEIRA NETO, J. A. A. (Org.). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Caso**. Viçosa: Editora UFV, 2011. p. 441-458.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990, 85p.

SOUZA JR, C. M.; SHIMBO, J.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B. F.; AZEVEDO, T. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v.12, n. 17, p. 2735, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acesso em: 14 ago. 2024.

TUBELIS, D. P. Spatiotemporal Distribution of Photographic Records of Brazilian Birds Available in the WikiAves Citizen Science Database. **Birds**, v. 4, n. 1, p. 28-45, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-6004/4/1/3>. Acesso em: 13 ago.2024.

ZULIAN, V.; MILLER, D.A. W.; FERRAZ, G. Endemic and Threatened Amazona Parrots of the Atlantic Forest: An Overview of Their Geographic Range and Population Size. **Diversity**, v. 13, n. 9, p. 416, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-2818/13/9/416>. Acesso em: 9 ago 2024.