

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

CONSERVAÇÃO DE AVES AMEAÇADAS DE  
EXTINÇÃO NA MATA ATLÂNTICA: PRESENTE E FUTURO  
EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Tainá Teixeira Furtado

São João del-Rei

2024

Tainá Teixeira Furtado

CONSERVAÇÃO DE AVES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO  
NA MATA ATLÂNTICA: PRESENTE E FUTURO EM  
CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Orientador: Dr. José Elvino do Nascimento Júnior

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia da Universidade Federal  
de São João del-Rei, como requisito  
parcial à obtenção do título de  
mestre.

São João del-Rei

2024

Nome: Tainá Teixeira Furtado

Título: Conservação de aves ameaçadas de extinção na Mata Atlântica: presente e futuro das mudanças climáticas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Aprovado em: 14/10/2014

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Elvino do Nascimento Júnior- UFSJ (Orientador)

Universidade Federal de São João del-Rei

Prof. Dra. Ana Cláudia Alencar da Silva Santos

Prof. Dr. Cleber José da Silva, UFSJ

Universidade Federal de São João del-Rei



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 8/2024 - PGE (13.08)

Nº do Protocolo: 23122.034733/2024-42

São João del-Rei-MG, 21 de outubro de 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL - REI / UFSJ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA / PGE



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO - M.Sc.

Aos quatorze dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e quatro, às 15 horas, na Universidade Federal de São João del - Rei, instalou-se a banca examinadora de dissertação de mestrado da aluna **Tainá Teixeira Furtado**. A banca examinadora foi **composta pela professora Dra. Ana Cláudia Alencar da Silva Santos, examinadora externa, pelo Professor Dr. Cleber José da Silva, UFSJ, examinador interno, e pelo professor Dr. José Elvino do Nascimento Júnior, UFSJ, orientador**. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do professor José Elvino do Nascimento Júnior, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou à candidata que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada "Conservação de aves ameaçadas de extinção na Mata Atlântica: presente e futuro em cenários de mudanças climáticas", marcando um tempo de cinquenta minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o Prof. José Elvino do Nascimento Júnior, presidente, passou a palavra à examinadora externa, professora Ana Cláudia Alencar, para arguir a candidata, e em seguida para o professor Cleber José da Silva, para que fizesse o mesmo. Concluídos

os trabalhos de apresentação e arguição, a candidata foi APROVADA conforme as normas vigentes na Universidade Federal de São João del-Rei. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa no prazo de 30 (trinta) dias, a contar da data de defesa, contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora e constante na folha de correção anexa, conforme o artigo 97 da Resolução CONEP N° 001, de 15 de março de 2023. A candidata não terá o título se não cumprir as exigências acima descritas

**(Assinado digitalmente em 21/10/2024 17:47)**

CLEBER JOSE DA SILVA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DECEB (12.11)  
Matrícula: ###704#3

**(Assinado digitalmente em 22/10/2024 18:22)**

TAINÁ TEIXEIRA FURTADO  
DISCENTE  
Matrícula: 2022#####0

**(Assinado digitalmente em 22/10/2024 07:32)**

JOSÉ ELVINO DO NASCIMENTO JUNIOR  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
PGE (13.08)  
Matrícula: ###982#0

**(Assinado digitalmente em 21/10/2024 15:04)**

ANA CLÁUDIA ALENCAR DA SILVA  
SANTOS  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: ###.###.955-##

Visualize o documento original em

<https://sipac.ufsj.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 8, ano: 2024, tipo: ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO, data de emissão: 21/10/2024 e o código de verificação: 327a294737

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F992c Furtado , Tainá Teixeira .  
Conservação de aves ameaçadas de extinção na Mata  
Atlântica: presente e futuro em cenários de mudanças  
climáticas / Tainá Teixeira Furtado ; orientador  
José Elvino do Nascimento Junior . -- São João del  
Rei, 2024.  
48 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia) -- Universidade Federal de São João del  
Rei, 2024.

1. Avifauna . 2. Mudanças Climáticas . 3.  
Modelagem Ecológica . 4. Biodiversidade. 5. Mata  
Atlântica . I. Elvino do Nascimento Junior , José ,  
orient. II. Título.

Financiamentos:



Apoio e colaborações:



Universidade Federal  
de São João del-Rei



Céu, tão grande é o céu  
E bando de nuvens que passam ligeiras  
Pra onde elas vão, ah, eu não sei, não sei

E o vento que fala nas folhas  
Contando as histórias que são de ninguém  
Mas que são minhas e de você também

Ah, Dindi  
Se soubesses do bem que eu te quero  
O mundo seria, Dindi, tudo Dindi, lindo Dindi

Ai, Dindi  
Se um dia você for embora  
Me leva contigo, Dindi  
Fica, Dindi, olha Dindi

E as águas desse rio  
Onde vão, eu não sei  
E a minha vida inteira, esperei  
Esperei por você, Dindi  
Que é a coisa mais linda que existe

Você não existe, Dindi  
Deixa Dindi  
Que eu te adore, Dindi...Dindi

Dindi, música de Antônio Carlos Jobim.

---

"Dindi", ao contrário do que muitos imaginam, não se refere a uma mulher, mas a um remanescente da Mata Atlântica.

**Agradecimentos**



A Deus, aos mestres e mestras da Jurema Sagrada, e aos meus guias e guardiões da Umbanda, pela capacidade, proteção e força que me concederam para concluir esta jornada.

À minha mãe, Marina, que sempre me apoiou incondicionalmente em todas as minhas decisões e torceu por cada um dos meus sonhos. Sem você, eu não teria alcançado mais esta importante etapa na minha vida.

Ao meu orientador, Dr. José Elvino do Nascimento Júnior, pela tranquilidade e competência com que me orientou. Suas orientações foram essenciais para superar as muitas dificuldades que encontrei ao longo do caminho.

A Marcela, uma pessoa especial que esteve ao meu lado, me incentivando na reta final deste trabalho. Sou grata pelo seu carinho, apoio e companheirismo.

Aos colegas que conheci durante o curso, pela convivência harmoniosa e pelas valiosas trocas de experiências. Em especial, Letícia, Erica, Daiane, Talita e Renata, cuja amizade se tornou um tesouro em minha vida.

À minha madrinha, Déia Filha da Água, e a toda a família da Senzala do Amor, que me acolheram e me ensinaram a reconhecer a força que carrego dentro de mim.

À Associação Ambiental SapucaECO, que me ensinou a importância de lutar pelo meio ambiente. Cada árvore que salvamos me deu a certeza de que estou no caminho certo.

À UFSJ pela oportunidade de crescimento e aos professores do PGE, que tanto contribuíram para minha formação durante as disciplinas cursadas.

Finalmente, à CAPES, pela bolsa concedida, que tornou possível a realização deste mestrado.

E a todos que direta ou indiretamente, também possam ter contribuído para a realização deste trabalho e não foram citados nessa lista!

A todos, o meu muito obrigada!

## **Resumo**

A avifauna da Mata Atlântica é reconhecida como uma das mais ricas do mundo, abrigando aproximadamente 891 espécies. No entanto, cerca de 138 dessas espécies estão na lista nacional de espécies ameaçadas e 84 estão na lista internacional. As aves são indicadores importantes da qualidade ambiental e o elevado número de espécies ameaçadas reflete a situação crítica da conservação da Mata Atlântica. Com os avanços das mudanças climáticas, a vulnerabilidade deste domínio aumentou, tornando-o o terceiro *hotspot* mais ameaçado do mundo. Neste sentido, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar como as mudanças climáticas irão afetar a distribuição de aves ameaçadas de extinção na Mata Atlântica. Utilizamos o programa MaxEnt, que aplica o princípio da máxima entropia em dados de presença, para modelar possíveis cenários futuros e avaliar a influência das mudanças climáticas na distribuição de sete espécies de aves ameaçadas na Mata Atlântica. Analisamos áreas potenciais de distribuição geográfica para cada espécie no presente e nos intervalos de 2041-2060, 2061-2081 e 2081-2100, considerando diferentes cenários climáticos para cada período. Comparando essas áreas ao longo do tempo, identificamos possíveis reduções e expansões na distribuição geográfica das espécies. Foi observado reduções de até 93% da área total e aumentos de até 266% na sua distribuição. Nossos resultados destacam a necessidade de um melhor entendimento das espécies e da área de estudo, além de sublinharem a importância de buscar abordagens efetivas para a conservação da biodiversidade frente às mudanças climáticas e ações humanas.

**Palavras-chave:** Avifauna; Biodiversidade; Modelagem; Mudanças Climáticas.

## **Abstract**

The birdlife of the Atlantic Forest is recognized as one of the richest in the world, housing approximately 891 species. However, around 138 of these species are on the national list of threatened species and 84 are on the international list. Birds are important indicators of environmental quality and the high number of threatened species reflects the critical conservation situation of the Atlantic Forest. With advances in climate change, the vulnerability of this domain has increased, making it the third most threatened hotspot in the world. In this sense, the objective of this research was to evaluate how climate change will affect the distribution of endangered birds in the Atlantic Forest. We used the MaxEnt program, which applies the principle of maximum entropy to presence data, to model possible future scenarios and evaluate the influence of climate change on the distribution of seven threatened bird species in the Atlantic Forest. We analyzed potential geographic distribution areas for each species at present and in the intervals of 2041-2060, 2061-2081 and 2081-2100, considering different climate scenarios for each period. By comparing these areas over time, we identify possible reductions and expansions in the species' geographic distribution. Reductions of up to 93% of the total area and increases of up to 266% in its distribution were observed. Our results highlight the need for a better understanding of the species and the study area, in addition to underlining the importance of seeking effective approaches for biodiversity conservation in the face of climate change and human actions.

**Key-Words:** Birdlife; Biodiversity; Modeling; Climate changes

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie <i>Aburria jacutinga</i> .....	20
Figura 2 - Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie <i>Anumara forbesi</i> .....	20
Figura 3 – Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie <i>Carpornis melanocephala</i> .....	21
Figura 4 – Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie <i>Cotinga maculata</i> .....	22
Figura 5 – Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie <i>Crax blumenbachii</i> .....	23
Figura 6 – Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie <i>Nemosia rourei</i> .....	24
Figura 7 - Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie <i>Pteroglossus bailloni</i> .....	25

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Nomes populares e classificação quanto à categoria de aves endêmicas da Mata Atlântica ameaçadas.....	16
Tabela 2 – Variáveis bioclimáticas utilizadas no presente trabalho para a predição da distribuição de espécies de aves da Mata Atlântica.....	17
Tabela 3 – Resultados para o cenário climático SSP-3-7.0.....	27
Tabela 4 – Resultados para o cenário climático SSP-5-8.5.....	28

## SUMÁRIO

Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas.....	x
1. Introdução.....	15
2. Materiais e Métodos.....	19
2.1 Área de estudo.....	19
2.2 Espécies estudadas.....	20
2.3 Seleção de dados geográficos.....	21
2.4 Dados Ambientais.....	21
2.5 Preparação dos Dados Ambientais.....	22
2.6 Análise de MDE.....	22
3. Resultados.....	23
4. Discussão.....	33
5. Conclusão.....	36
6. Referências Bibliográficas.....	38

## 1 Introdução

A complexidade das mudanças climáticas destaca-se como um dos desafios mais cruciais para a humanidade. Torna-se essencial compreender de que maneira uma variedade de setores, que abrangem desde os ecossistemas até a economia, vem sendo influenciada por essas transformações (Artaxo, 2022).

Devido aos seus danos e consequências para o planeta, o aquecimento global, provocado pelo aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE), se tornou um assunto de extrema relevância e vem sendo amplamente discutido nos níveis científico, político, econômico e social (González, 2017). Embora os aumentos de GEE tenham ocorrido de forma natural ao longo da história, um crescimento exponencial foi observado desde a Revolução Industrial, iniciada em meados do século XIX, principalmente devido ao uso intenso de combustíveis fósseis (Forster et al., 2007).

Unido a esse evento histórico, o desmatamento e a degradação de diversos ecossistemas florestais nas últimas décadas causaram um aumento significativo na quantidade de concentrações atmosféricas de CO<sub>2</sub> em diferentes regiões do mundo (Shine et al., 2005), provocando um aquecimento global generalizado principalmente a partir de meados da década de 1970 no Hemisfério Sul (Jones e Moberg, 2003).

As consequências das alterações climáticas sobre os organismos e as populações têm implicações diretas no processo de estruturação das comunidades biológicas, visto que modificam os padrões de diversidade, composição e abundância das espécies (Walther, 2010; Pecl et al., 2017; Lovejoy e Hannah, 2019). As mudanças climáticas influenciam a fenologia das espécies, a sincronização com seus requisitos alimentares e de habitat, bem como as interações entre espécies, como predação e competição. Isso resulta em modificações na estrutura das comunidades e nas funções ecossistêmicas (Walther, 2010; Díaz et al., 2019).

Apesar das espécies terem reagido às variações climáticas ao longo de sua história evolutiva (Hawkins et al., 2007; Theodoridis et al., 2020), a rapidez atual das transformações, aliada aos impactos cumulativos de outras atividades humanas, representam uma ameaça imediata à sobrevivência das espécies em seu habitat atual (Thomas et al., 2004; Sandel et al., 2011; Newbold, 2018). Diversas espécies terrestres e aquáticas já experimentaram impactos adversos devido às mudanças climáticas, e um número significativo encontra-se vulnerável aos seus efeitos de longo prazo (Thomas et al., 2004; Parmesan, 2006; Maclean e Wilson, 2011).

O principal influenciador da resposta da biodiversidade aos efeitos da perda e fragmentação do habitat reside no aumento máximo da temperatura, seguido pela média de alteração na precipitação (Pringle et al., 2012). Desde 1880, observa-se um aumento de aproximadamente 1°C na temperatura média global (Raftery et al., 2017; Lenssen et al., 2019). É esperado que os impactos das mudanças climáticas se acentuem à medida que a temperatura global da superfície continue a aumentar, podendo superar 4°C até o ano de 2100, a menos que sejam adotadas medidas de mitigação imediatas e persistentes (IPCC, 2021), introduzindo uma nova ameaça para a biodiversidade (Dickinson et al., 2014, Pacific et al., 2015)

É previsto que as áreas com uma rica diversidade biológica experimentem impactos mais acentuados devido às mudanças climáticas e às interações sinérgicas de seus efeitos (Segan et al., 2016). Ainda que a flutuação climática em níveis menores desempenhe um papel essencial ao fomentar a diversidade e, talvez, resguardar a biodiversidade contra os impactos das mudanças climáticas, diversas áreas de elevada biodiversidade têm mantido estabilidade climática ao longo de extensos períodos evolutivos. O cenário atual as torna particularmente vulneráveis às mudanças abruptas em larga escala e às alterações climáticas provocadas por atividades humanas (Trew e Maclean, 2021).

A Mata Atlântica é amplamente conhecida como um dos principais núcleos de diversidade biológica em escala global, fazendo parte dos cinco *hotspots* mais importantes de biodiversidade do planeta (ICMBio, 2018; Ricklefs e Relyea, 2016, Merritt et al., 2019).

Apesar da redução significativa da sua cobertura florestal, a Mata Atlântica preserva uma notável riqueza e um elevado índice de endemismo de animais e plantas (Morellato e Haddad, 2000; Silva et al., 2004), que compreendem 2% das espécies globais. (Myers et al., 2000, Ribeiro et al., 2009).

Além das variações climáticas ao longo do tempo, incluindo tanto aquelas ocorridas historicamente quanto recentemente, este domínio tem sido impactado de forma constante por distúrbios decorrentes da presença humana desde os tempos da colonização europeia no Brasil (Rezende et al., 2018).

Inicialmente, a Mata Atlântica abrangia uma extensão estimada de 1.500.000 km<sup>2</sup>, dos quais 1.100.000 a 1.350.000 km<sup>2</sup> eram exclusivamente no Brasil, representando de 13 a 15% do território nacional (Fundação SOS Mata Atlântica, 2018). Essa cobertura estendia-se desde o estado do Rio Grande do Norte, no extremo leste da América do Sul,



até o Rio Grande do Sul, o estado mais ao sul do Brasil, com a porção restante distribuída no Paraguai e Argentina (Collins, 1990).

Nos dias atuais, os dados revelam que resta apenas 12,4% da cobertura original da Mata Atlântica, sendo que meros 7% desse montante estão em condições satisfatórias de conservação. Esse percentual engloba exclusivamente os fragmentos com mais de 3 hectares (Fundação SOS Mata Atlântica, 2018; INPE, 2018). Dentre a vegetação nativa, apenas 9% está dentro de unidades de conservação (UCs) com proteção integral e 21% em áreas com uso sustentável, totalizando 30% de área protegida (Rezende et al., 2018). Além dessas unidades de conservação públicas, 231.730 ha de Mata Atlântica são conservados em unidades de conservação privadas (Confederação Nacional de RPPNs, 2020).

A avifauna da Mata Atlântica é conhecida como sendo uma das mais ricas globalmente (Marini e Garcia, 2005, Mittermeier et al., 2005), abrigando aproximadamente 891 espécies de aves (Lima, 2013, Hasui et al., 2018), o que representa 8% das aves de todo o globo, sendo que 77% são residentes do domínio. No entanto, há 68 espécies que são migratórias, enquanto outras 132 realizam movimentos parciais ou limitados (Somenzari et al., 2018). Do total de aves, 223 são endêmicas do domínio (Lima, 2013; Vale et al., 2018) e cerca de 138 estão presentes na lista vermelha nacional de espécies ameaçadas, sendo 50 endêmicas (ICMBio, 2024) e 84 na lista vermelha internacional de espécies ameaçadas (IUCN, 2021, Birdlife International, 2021).

No que diz respeito à extinção, sete aves brasileiras foram catalogadas como globalmente extintas, extintas na natureza ou em estado crítico de ameaça (possivelmente extintas), sendo que cinco dessas pertenciam ao domínio da Mata Atlântica. No caso de outras duas espécies, ambas endêmicas da Mata Atlântica, não existem registros documentados neste século, como fotografias, gravações sonoras ou outras evidências concretas, o que levanta a possibilidade de também estarem extintas (Pacheco e Fonseca, 2001; Butchart et al., 2018; Lees et al., 2021; Develey e Phalan, 2021).

A degradação do habitat emergiu como um dos principais fatores subjacentes às extinções, impulsionada tanto pelo avanço da agricultura quanto pela expansão urbana. A caça e captura, a exploração madeireira, juntamente com o aumento na frequência e intensidade de incêndios florestais, também desempenharam papéis significativos no desaparecimento das espécies (Pizo e Tonetti, 2020; Develey e Phalan, 2021; Birdlife International, 2021)

As aves são reconhecidas como indicadores notáveis da qualidade ambiental (Karr e Freemark, 1983; Gardner et al., 2008, Maas et al., 2013) e o grande número de aves ameaçadas reflete a situação problemática que se encontra a conservação da Mata Atlântica. Adicionalmente, as mudanças climáticas foram responsáveis por um novo reconhecimento ao domínio, que agora ostenta a posição de terceiro *hotspot* com elevada vulnerabilidade perante às mudanças no clima (Bellard et al., 2012) acrescentando mais um obstáculo para a conservação das aves.

Em virtude do histórico de degradação que decorreu ao longo do século XX, é plausível que novas extinções se manifestem nas próximas décadas. É questão de tempo até que aves, endêmicas ou não, desapareçam devido a reduções substanciais nas populações com distribuição restrita, assim como aquelas amplamente distribuídas no domínio (Pimm, 2014; Develey e Phalan 2021).

A compreensão da distribuição geográfica é crucial para fundamentar estudos evolutivos e ecológicos das espécies. No entanto, delimitar essa distribuição é um desafio devido à concentração espacial desigual das informações, aos altos custos das expedições de campo e às variações temporais na distribuição das espécies. Em resposta a essas dificuldades, os métodos de Modelagem de Distribuição de Espécies (MDE) emergiram como uma valiosa ferramenta para pesquisas nessas áreas (Paglia et al., 2012).

A aplicação desses modelos abrange várias áreas, auxiliando no desenvolvimento de estratégias de conservação da biodiversidade (Guisan et al., 2013; Chagas et al., 2020; Sales et al., 2020), pesquisas sobre as mudanças climáticas (Eakin et al., 2019; Heron et al., 2017), avaliação do risco de invasão de espécies exóticas (Herborg et al., 2007; Riul et al., 2013; Silva et al., 2019), e nos estudos de biogeografia (Siqueira e Durigan, 2007; Peterson et al., 2011; Sciamarelli, 2020). Além disso, os modelos de distribuição de espécies desempenham um papel relevante ao fornecer informações valiosas para a análise e previsão de alterações na distribuição das espécies ao longo do tempo, contribuindo para apoiar a tomada de decisões políticas (Guisan et al., 2013), como a priorização de áreas para conservação (Huerta e Peterson, 2004; Silva, 2020).

A abordagem dos MDEs tem o objetivo de identificar as condições ambientais nas quais uma espécie pode sobreviver (Peterson e Meyer, 2004). Para isso, esses modelos relacionam dados sobre a distribuição conhecida das espécies com diferentes variáveis ambientais (Franklin, 2010; Cassini, 2011). Dessa forma, os MDEs ajudam a descrever a distribuição potencial das espécies (Phillips, 2004) e a identificar quais áreas são mais prováveis ou adequadas para a sua presença (Pearson et al., 2007; Elith et al., 2011).

Estudos que utilizaram os MDEs para prever os impactos das Mudanças Climáticas em espécies da Mata Atlântica encontraram contração na distribuição de diversas espécies (Haddad et al., 2008; Colombo e Joly, 2010; Marini et al., 2010).

Dessa forma, modelos de adequação de nicho que consigam antecipar de maneira ágil e confiável a distribuição geográfica de espécies, bem como o estado de conservação de suas populações, desempenham um papel crucial ao fornecer informações essenciais para orientar a conservação para o presente e futuro das aves (Françoso et al., 2015; Evaldt et al., 2024).

Conseqüentemente, programas de priorização espacial desempenham um papel significativo ao ajudar na formulação de planos de conservação que levam em conta as transformações nas áreas de distribuição das espécies, considerando tanto os cenários climáticos atuais quanto os futuros. Essas ferramentas também buscam identificar possíveis refúgios climáticos para as espécies (Cadotte et al., 2010; Lemes e Loyola, 2015), disponibilizando aos tomadores de decisões um sistema dinâmico de apoio à decisão, que viabiliza a formulação de vários cenários para a conservação (WWF, 2013).

Neste sentido, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar como as mudanças climáticas poderão afetar a distribuição de aves ameaçadas de extinção na Mata Atlântica contribuindo para a visão de futuro da conservação das aves deste domínio e assegurando a preservação de seus habitats com populações viáveis através da análise de lacunas na distribuição dessas espécies e de lacunas nas unidades de conservação existentes no domínio.

Os objetivos específicos foram 1) Avaliar e inferir a distribuição atual e futura de sete espécies de aves classificadas como ameaçadas de extinção na Mata Atlântica; 2) avaliar em quais áreas protegidas elas ocorrem, propondo a criação de novas áreas prioritárias para conservação dessas espécies e novas classificações para as áreas já existentes a partir das lacunas que existem para as espécies no presente e no futuro, dadas as previsões de mudanças climáticas.

A aplicação desses modelos abrange várias disciplinas, como biogeografia, ecologia, conservação e biologia, possibilitando a integração de dados de distribuição de espécies com informações ambientais e/ou espaciais.

## **2 Materiais e Métodos**

### **2.1 Área de estudo**

A Mata Atlântica abrange cerca de 15% do território brasileiro, estendendo-se por 17 estados. Atualmente, mais de 145 milhões de pessoas habitam sua área de ocorrência, o que corresponde a aproximadamente 72% da população brasileira (IBGE, 2014).

A amplitude de sua extensão, a interação com vários domínios adjacentes e, principalmente, a diversidade em suas formações vegetais, geraram uma multiplicidade de visões e entendimentos sobre a composição e a localização da Mata Atlântica (Câmara, 1991; Filho e Fontes, 2000).

Do ponto de vista legal, a Mata Atlântica é conceituada como englobando as seguintes formações florestais nativas e ecossistemas associados: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. Além disso, inclui os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e áreas florestais isoladas no Nordeste. Essa definição é respaldada por um mapa do IBGE, conforme estipulado pelo Decreto Federal n. 6660/2008.

A Mata Atlântica se caracteriza por uma ampla diversidade geográfica, física e climática. Estendendo-se de 3° de latitude sul até cerca de 30°, ela abrange uma vasta área, sendo mais restrita ao litoral no norte do país e penetrando mais de 800 km para o interior próximo ao seu limite sul, apresentando variações altitudinais que vão do nível do mar a aproximadamente 2900 metros, incluindo algumas das maiores cadeias de montanhas do Brasil. Essa diversidade geográfica resulta em uma ampla gama de temperaturas, desde a localidade com a menor temperatura registrada no Brasil até áreas com temperatura média anual superior a 25°C. As diferenças de precipitação também variam significativamente entre as regiões. Além disso, a Mata Atlântica é atravessada por importantes rios brasileiros, como São Francisco, Jequitinhonha, Doce, Paraíba do Sul, Grande, Tietê, Paraná, Iguaçu e Uruguai (Câmara, 1991; Leal e Câmara, 2005).

## **2.2 Espécies estudadas**

Para a realização da modelagem, foram escolhidas sete espécies de aves (Tabela 1) que ocorrem sob o domínio da Mata Atlântica e estão presentes na lista de espécies ameaçadas de extinção em âmbito internacional e nacional (MMA, 2022; IUCN, 2022). A nomenclatura das espécies segue o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (Piacentini et al., 2011).

**Tabela 1.** Nomes populares e classificação quanto à categoria de aves endêmicas da Mata Atlântica ameaçadas. MA: Mata Atlântica; CA: Caatinga; VU: vulnerável; NT: quase ameaçada; EN: em perigo; CR: Criticamente em perigo.

Nome do táxon	Nome popular	Endêmico	IUCN	ICMBio
<i>Aburria jacutinga</i> (Spix, 1825)	Jacutinga	MA	EN	EN
<i>Anumara forbesi</i> (Sclater, 1886)	Anumara	MA e CA	EN	VU
<i>Carpornis melanocephala</i> (Wied, 1820)	Sabiá Pimenta	MA	VU	VU
<i>Cotinga maculata</i> (Statius Muller, 1776)	Crejoá	MA	EN	EN
<i>Crax blumenbachii</i> (Spix, 1825)	Mutum do Sudeste	MA	EN	EN
<i>Nemosia rourei</i> (Cabanis, 1870)	Saíra Apunhalada	MA	CR	CR
<i>Pteroglossus bailloni</i> (Vieillot, 1819)	Araçari Banana	MA	NT	X

Fonte: Ministério do Meio Ambiente e IUCN

### 2.3 Seleção de dados geográficos

Os registros referentes à distribuição das aves empregados neste estudo foram retirados da base de dados disponível no Portal da Biodiversidade, GBIF e SpeciesLink (2023). Após a coleta, foram compiladas planilhas individuais para cada espécie, nas quais foram registradas as coordenadas de longitude e latitude em formato de graus decimais. Subsequentemente, os pontos foram plotados em um mapa com o propósito de identificar possíveis discrepâncias, sendo estas excluídas.

As informações geográficas relacionadas às Unidades de Conservação - UCN foram adquiridas no site do ICMBio (2022), os referentes às Terras Indígenas foram obtidos no site da Funai (2020) e os dados das áreas antropizadas foram obtidos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019).

### 2.4 Dados ambientais

As camadas bioclimáticas utilizadas no estudo (Tabela 2) foram obtidas na base de dados WordClim (wordclim.org) na resolução de 30 segundos, sendo que nesse caso cada pixel equivale aproximadamente a uma área de 1 km<sup>2</sup>. Para nossas análises, foram usadas camadas climáticas consideradas "atuais", geradas através de dados coletados entre 1981 e 2010. Além disso, utilizamos dados climáticos projetados para os anos de 2040 a 2070 e 2071 a 2100 de acordo com o modelo gfdl-esm4 em três distintos cenários CMIP6: ssp126 (as emissões de gases causadores do efeito estufa seriam substancialmente reduzidas), ssp370 (estabilização na emissão de gases estufa em ritmo semelhante ao atual), ssp585 (aumento contínuo na emissão de gases estufa). Dessa

forma, esses diferentes possíveis cenários consideram elevações mais ou menos intensas nas temperaturas médias globais.

**Tabela 1:** Variáveis bioclimáticas utilizadas no presente trabalho para a predição da distribuição de espécies de aves da Mata Atlântica.

Código	Variáveis climáticas
BIO2	Faixa Diurna Média (Média do mês (temp. Máx. - temp. Mín.))
BIO3	Isotermalidade (BIO2 / BIO7) ( $\times 100$ )
BIO5	Temperatura máxima do mês mais quente
BIO6	Temperatura mínima do mês mais frio
BIO12	Precipitação Anual
BIO14	Precipitação do mês mais seco
BIO15	Sazonalidade de precipitação (coeficiente de variação)
Gsl	Duração da estação de crescimento
Elev	Altitude em relação ao nível do mar

## 2.5 Preparação dos dados ambientais

A preparação das camadas ambientais foi realizada no programa ArcGis v. 10.8 (ARCGIS, 2021). As camadas bioclimáticas foram delimitadas (para projeção dos modelos) apenas para a porção leste da América do Sul. Em seguida, os arquivos resultantes foram convertidos para o formato .asc, os quais foram usados para testar a autocorrelação entre as diferentes variáveis através do conjunto de ferramentas SDMToolbox 2.0 (BROWN et al. 2017), implementado no ArcGis (2021). Após isso, foram mantidas 9 (Quadro 2) variáveis ambientais não auto correlacionadas, as quais foram utilizadas para a produção dos modelos climáticos atuais e futuros para todas as espécies.

## 2.6 Análises de MDE

As análises de MDE foram executadas utilizando o software Maxent (Steven et al., 2021). Os modelos resultantes, abrangendo tanto as condições presentes quanto as futuras, foram comparados para identificar possíveis ampliações ou diminuições nas áreas de distribuição geográfica das espécies investigadas.

Durante a realização do estudo, diversas simulações preditivas foram exploradas, contemplando o cenário atual, e os cenários 3.70 e 5.85 do futuro próximo (2041-2060)

e um horizonte mais distante (2061-2081) e (2081-2100). A partir dessas análises, conseguimos inferir como a distribuição dessas espécies pode ser afetada, levando em consideração as potenciais influências dos fatores climáticos esperados.

A aptidão de cada modelo gerado foi avaliada por meio dos parâmetros estatísticos fornecidos pelas análises do Maxent, complementada por validação externa no ArcGis v. 10.8.

As possíveis áreas de distribuição geográfica, presente e futura, para cada espécie foram determinadas utilizando o software ArcGIS versão 10.8. Cada modelo gerado foi ajustado por meio do *threshold* para cada modelo, um valor que estabelece limites entre os *pixels* considerados "apropriados" e "inadequados" para a presença de uma espécie específica.

Em seguida, procedemos à utilização dos *pixels* apropriados para a avaliação da possível extensão geográfica da espécie. Ao término desse processo, foram adquiridas as áreas potenciais de distribuição geográfica para cada espécie, abrangendo o presente, os intervalos de 2041-2060, 2061-2081 e 2081-2100 (considerando diferentes cenários para cada período). Realizamos uma comparação entre esses valores de áreas, buscando identificar eventuais reduções ou expansões na distribuição geográfica potencial das espécies de aves.

Por meio da técnica de interseção no Arcgis v. 10.8, esses dados foram sobrepostos aos limites das Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas, com o objetivo de avaliar a extensão da proteção oferecida às áreas habitadas pelas espécies. O mesmo procedimento foi adotado para as áreas antropizadas, a fim de determinar a porcentagem de territórios ocupados por centros urbanos e atividades agropecuárias onde as espécies foram encontradas. Adicionalmente, os dados das aves foram sobrepostos às áreas identificadas como prioritárias para conservação, possibilitando a identificação da proporção de espécies presentes nessas regiões estratégicas.

### **3 Resultados**

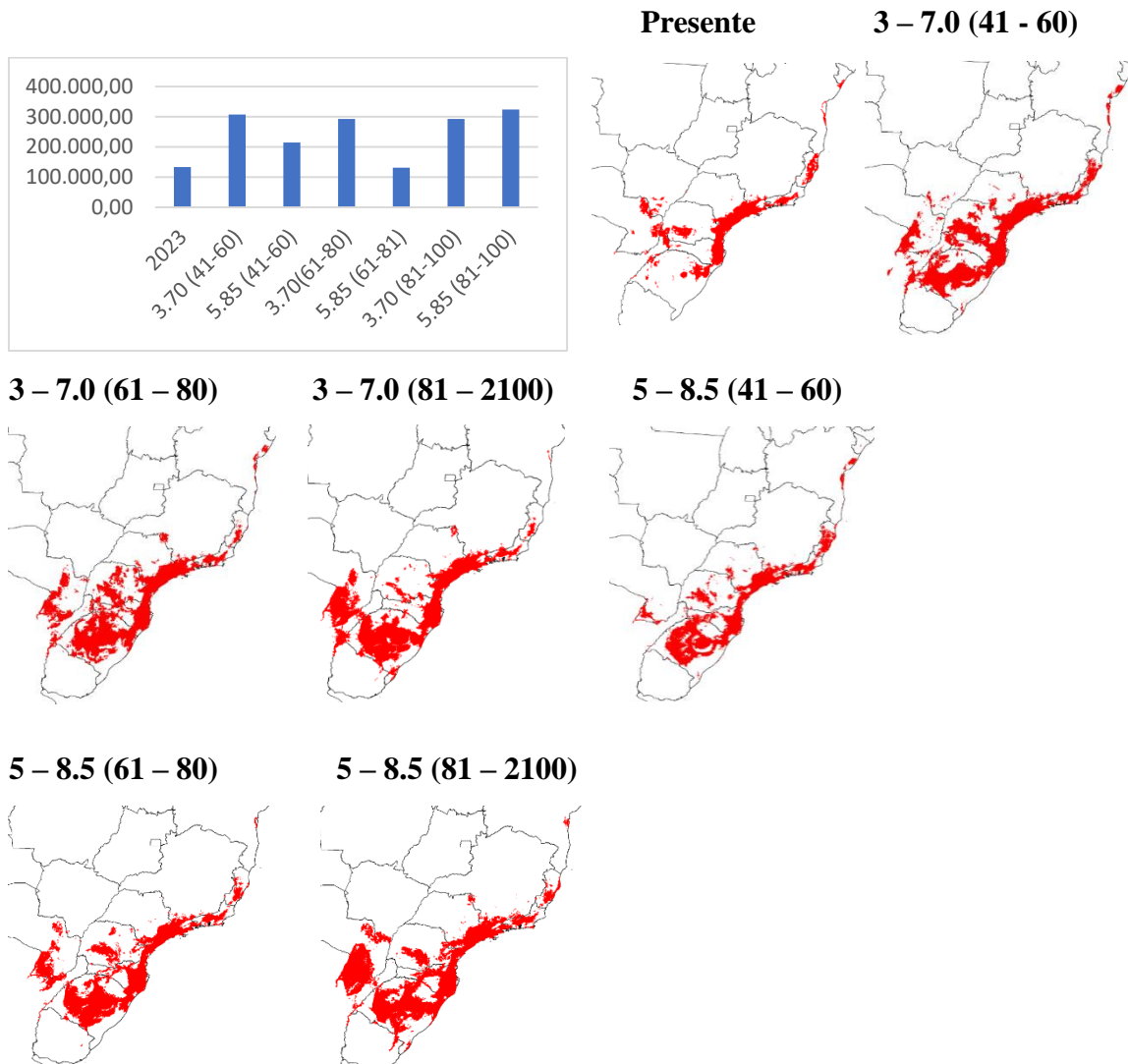
Analisando os cenários, observa-se que, considerando todas as espécies, há um aumento da área de ocorrência no cenário 3-7.0 (266%) e, nesse mesmo cenário, há uma diminuição da área de ocorrência de outra espécie (93%).

As oscilações nas áreas de distribuição potencial das espécies ocorreram, para cada período e cenário, dessa maneira:

### *Aburria jacutinga*

Na primeira espécie analisada, podemos ver um aumento na área de distribuição potencial do período atual ao final (2100) nos dois cenários.

Cenário 1 (3-7.0 – ganho de 129%) e cenário 2 (5-8.5 – ganho de 141%).

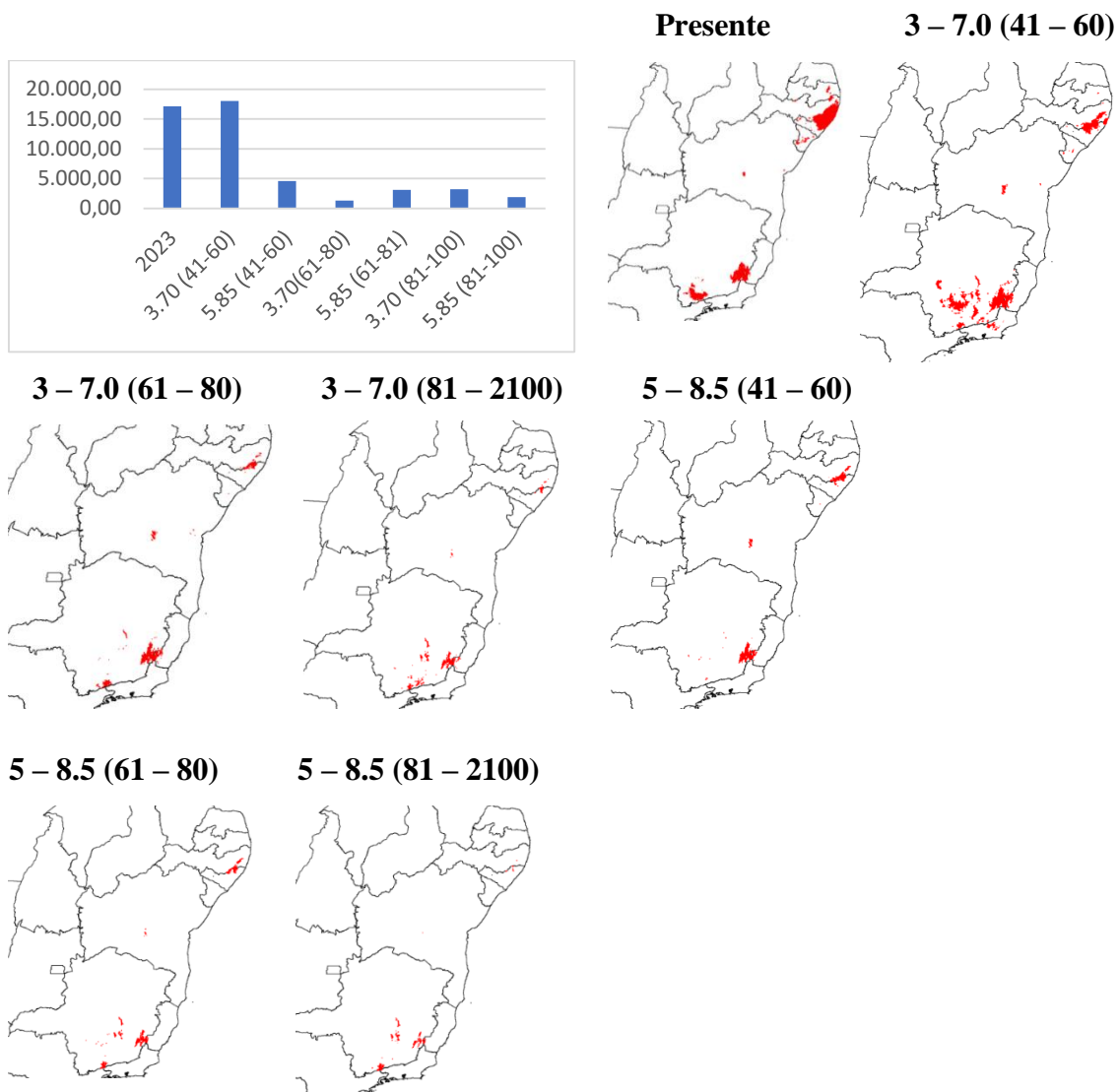


**Figura 1.** Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie *Aburria jacutinga*. É possível notar uma tendência de aumento da área de ocorrência da espécie ao longo dos tempos analisados.

### *Anumara forbesi*

Na segunda espécie analisada nota-se uma diminuição significativa da área de ocorrência. Cenário 1 (3-7.0 – perda de 93%) e cenário 2 (5-8.5 – perda de 89%).

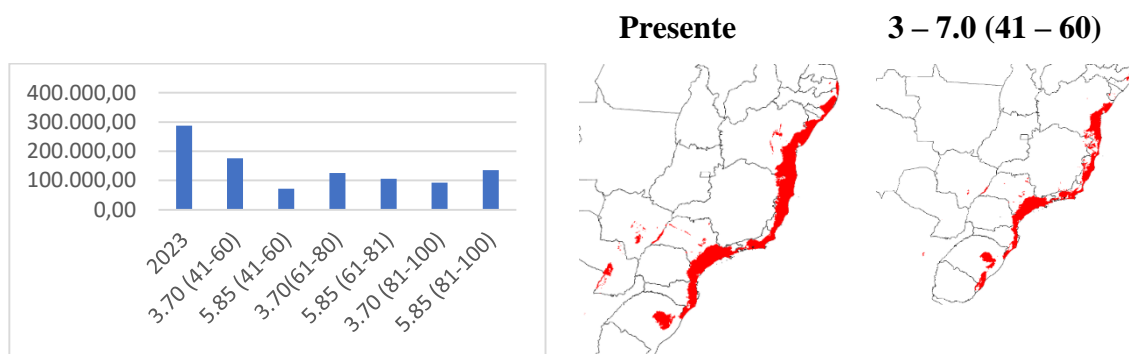


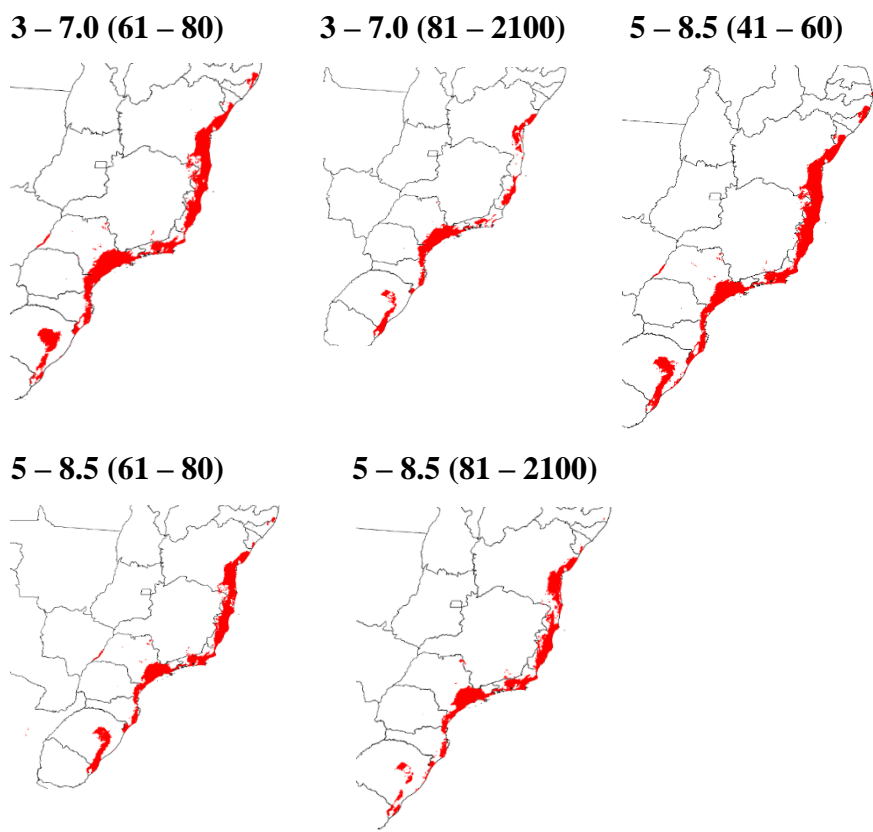


**Figura 2.** Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie *Anumara forbesi*. É possível notar uma tendência de redução da área de ocorrência da espécie ao longo dos tempos analisados.

### *Carpornis melanocephala*

A terceira espécie analisada mostrou uma diminuição da sua área de ocorrência nos dois cenários. Cenário 1 (3-7.0 – perda de 68%) e cenário 2 (5-8.5 – perda de 76%).

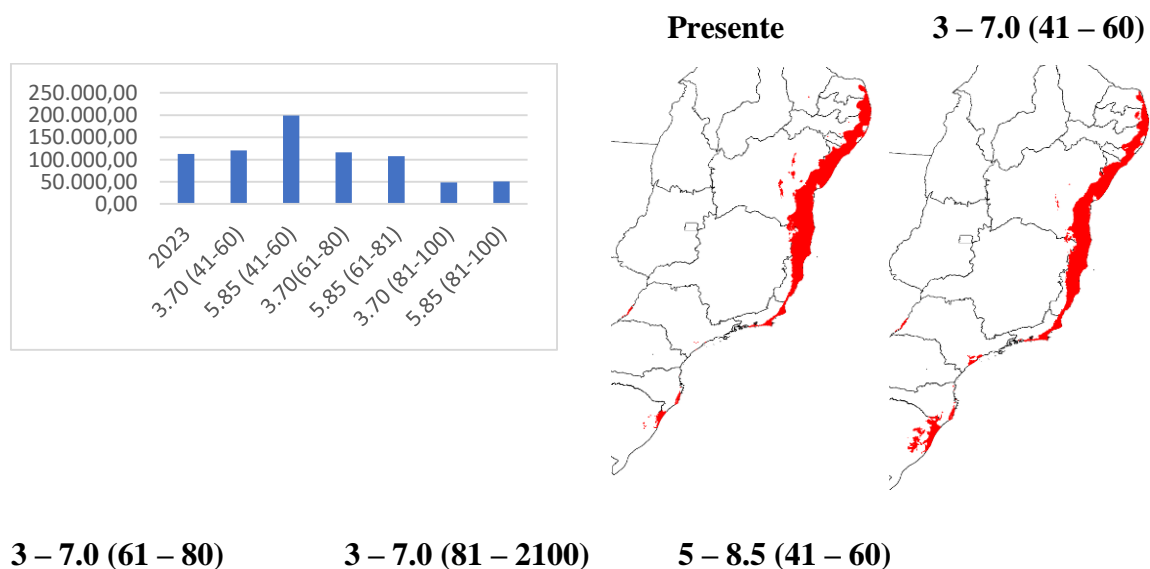


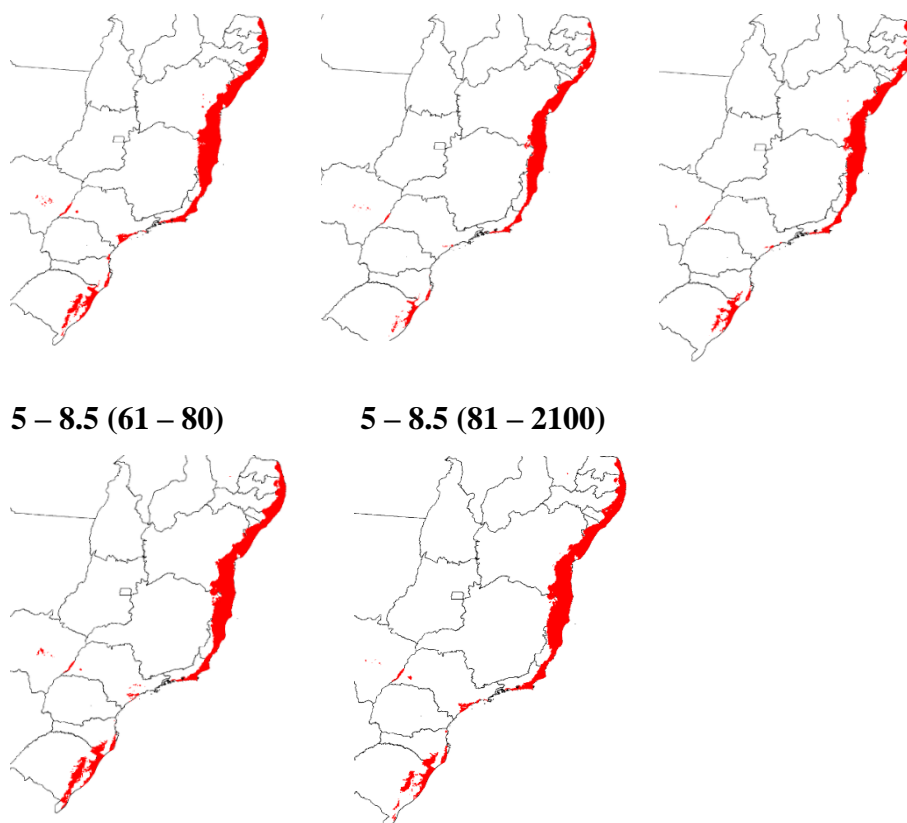


**Figura 3.** Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie *Carpornis melanocephala*. É possível notar uma tendência de redução da área de ocorrência da espécie ao longo dos tempos analisados.

### *Cotinga maculata*

A quarta espécie analisada também mostrou uma redução na área de ocorrência nos dois cenários. Cenário 1 (3-7.0 – perda de 56%) e cenário 2 (5-8.5 – ganho de 76%).

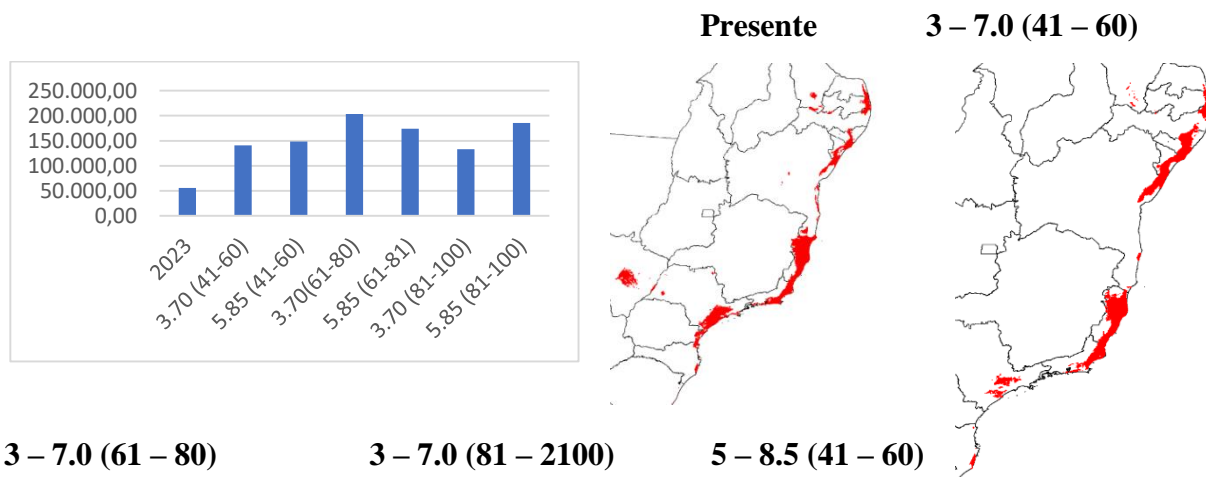


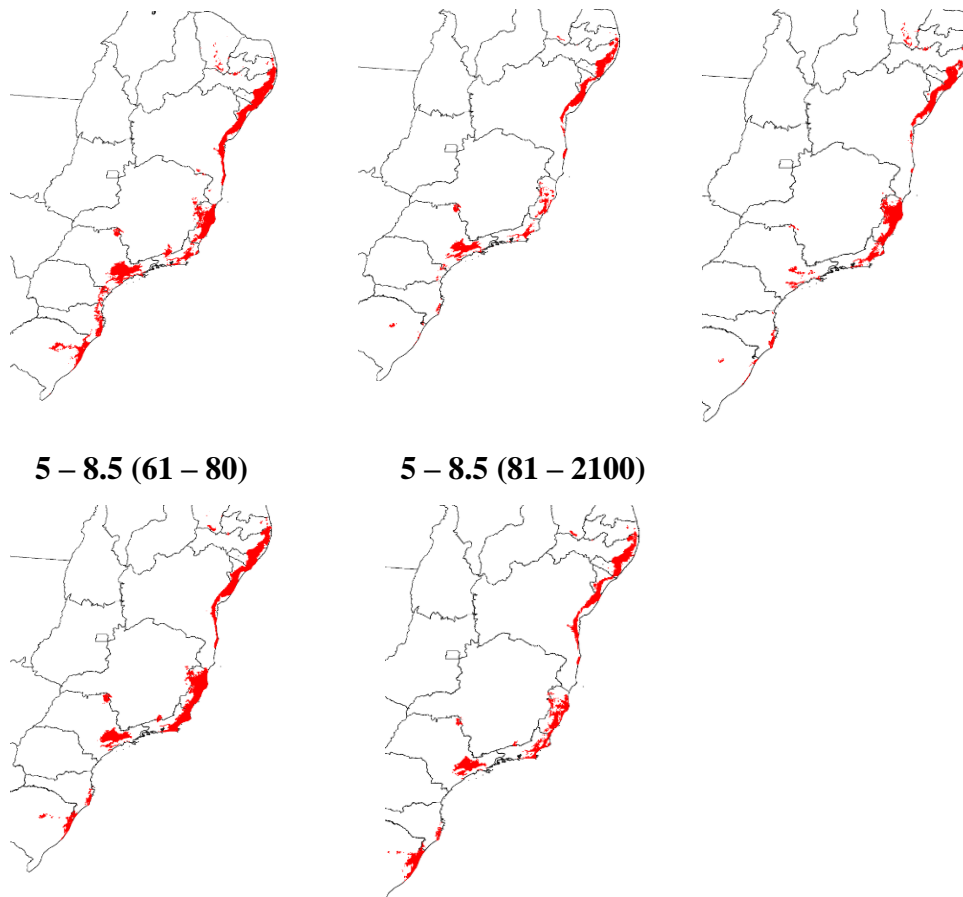


**Figura 4.** Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie *Cotinga maculata*. É possível notar uma tendência de redução da área de ocorrência da espécie ao longo dos tempos analisados

### *Crax blumenbachii*

Na quinta espécie analisada notou-se um aumento nas áreas de ocorrência nos dois cenários. Cenário 1 (3-7.0 – ganho de 266%) e cenário 2 (5-8.5 – ganho de 234%).

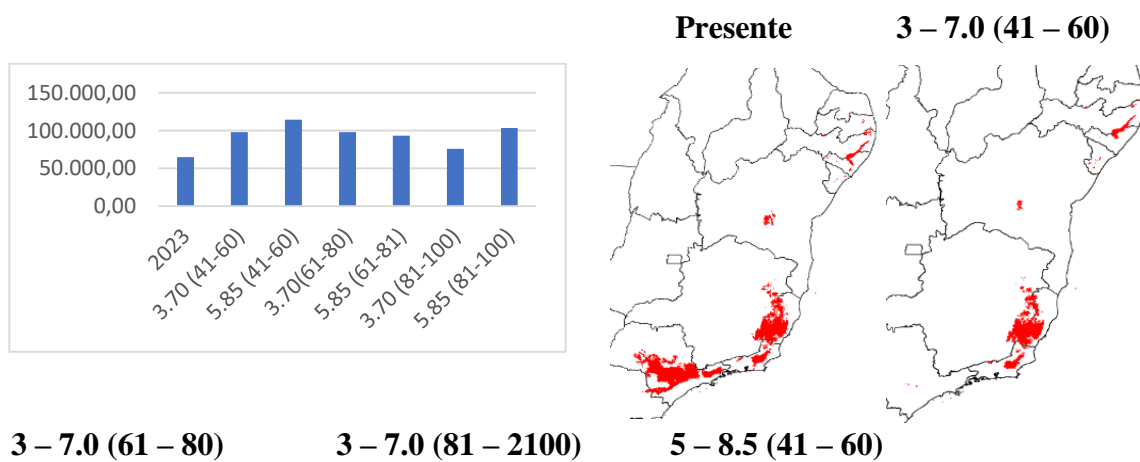


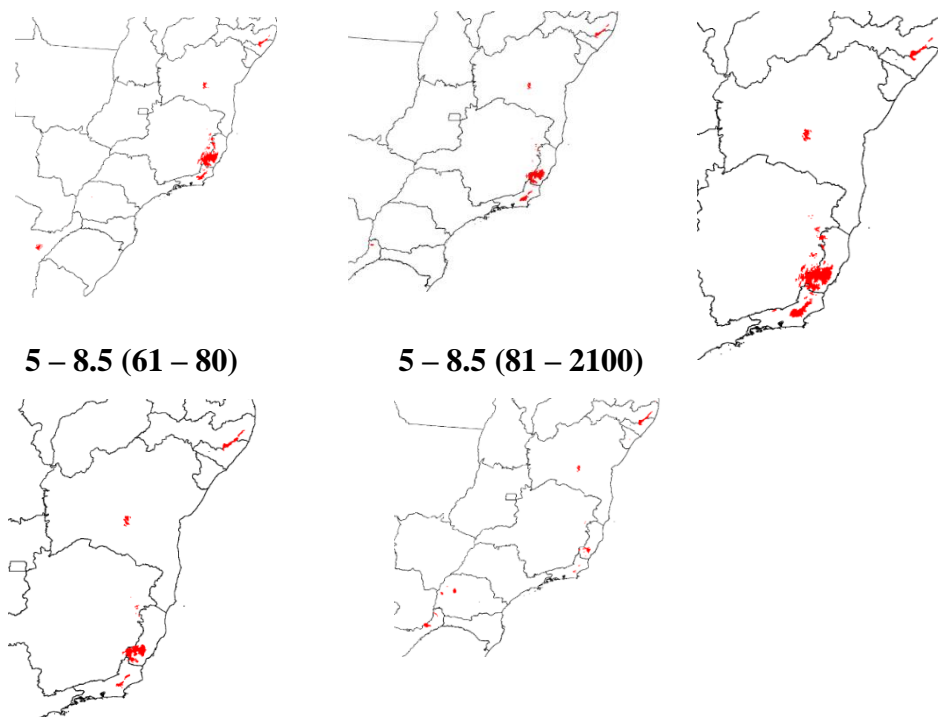


**Figura 5.** Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie *Crax blumenbachii*. É possível notar um aumento significativo da área de ocorrência da espécie ao longo dos tempos analisados

### *Nemosia rourei*

A sexta espécie analisada também trouxe um aumento na área de ocorrência nos dois cenários. Cenário 1 (3-7.0 – ganho de 51%) e cenário 2 (5-8.5 – ganho de 76%).

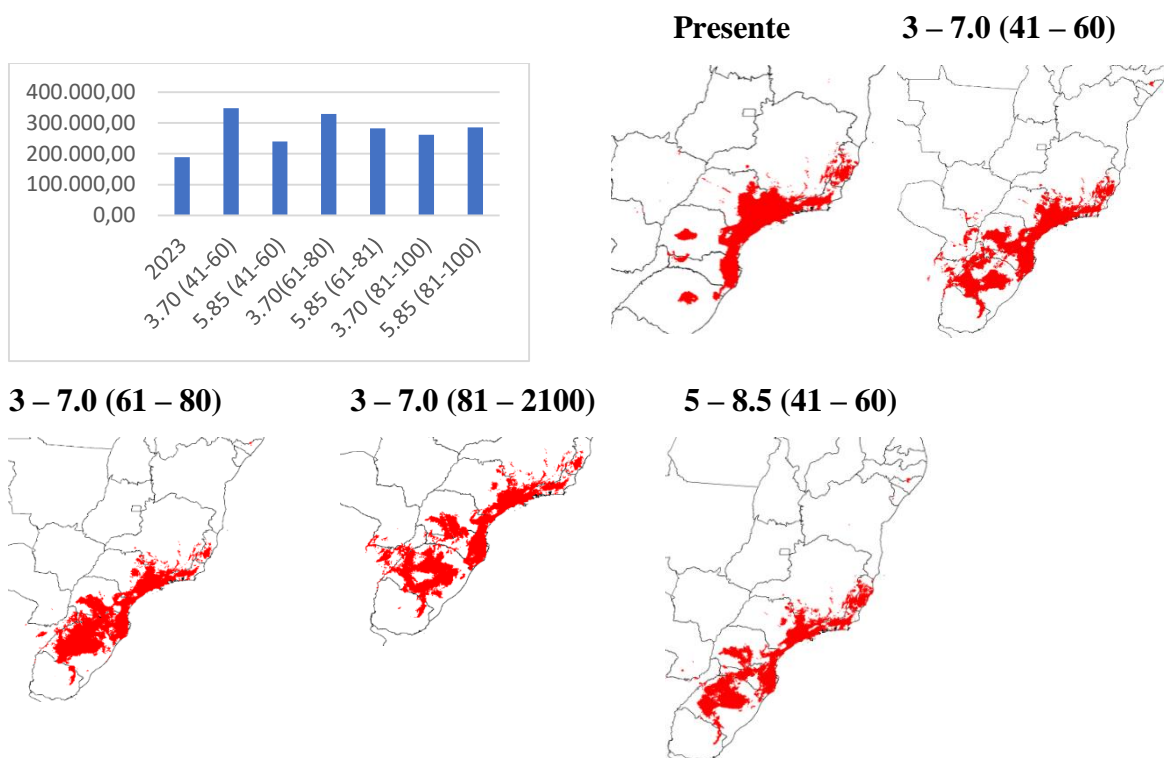


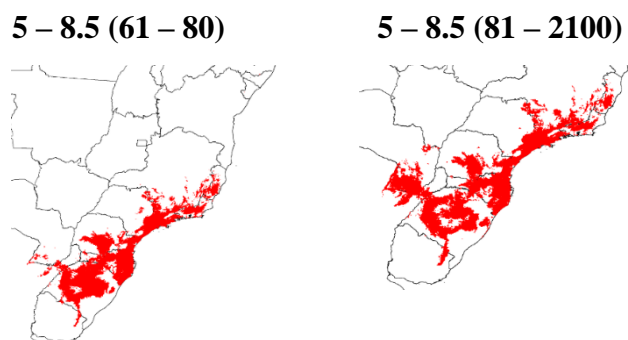


**Figura 6.** Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie *Nemosia rourei*. É possível notar uma tendência de aumento da área de ocorrência da espécie ao longo dos tempos analisados

### *Pteroglossus bailloni*

A sétima e última espécie analisada mostrou um aumento de áreas de ocorrência nos dois cenários. Cenário 1 (3-7.0 – ganho de 83%) e cenário 2 (5-8.5 – ganho de 51%),





**Figura 7.** Gráfico da distribuição atual e projeções futuras para a espécie *Pteroglossus bailloni*. É possível notar uma tendência de aumento da área de ocorrência da espécie ao longo dos tempos analisados

Tabela 3. Resultados para o cenário climático SSP-3-7.0

Espécies	Cenário SSP-3-7.0											
	Atual			2041-2060 <sup>1</sup>			2061-2080 <sup>1</sup>			2081-2100 <sup>1</sup>		
	ATI	AF	AP	ATI	AF	AP	ATI	AF	AP	ATI	AF	AP
<i>Aburria jacutinga</i>	170.758,95	134.011,73	52.046,37	366.920,81 (+114,87%)	306.927,3 (+129,03%)	60.217,23 (+15,69)	343.907,31 (+101,39)	292.516,16 (+118,27%)	11530,81 (-77,84%)	351.679,03 (+105,95%)	29.2639,11 (+108,36%)	50208,51 (+3,54%)
<i>Anumara forbesi</i>	37.723,11	17.102,17	3.528,51	25865,27 (-31,43%)	17997,42 (+5,23%)	4029,27 (+14,19%)	3268,6 (-91,35%)	1320,85 (-92,27%)	2431,95 (-31,07%)	3959,67 (-89,50)	3221,21 (-81,16%)	2102,51 (-40,41%)
<i>Carponis melanocephala</i>	331.597,96	287.766,34	62.540,70	221291,63 (-33,26%)	176216,4 (-38/76%)	55388,65 (-11,43%)	171771,87 (-48,19%)	125580,12 (-56,36%)	55428,7 (-11,37%)	112107,37 (-66,19%)	92255,24 (-67,94%)	39352,6 (-37,07%)
<i>Cotinga maculata</i>	199.851,07	112.938,71	20.641,61	203765,22 (+1,95%)	120688,72 (+6,86%)	22535,38 (+9,17%)	218761,71 (+9,46%)	116043,91 (+2,74)	27323,7 (+32,37%)	116797,18 (-41,55%)	48823,34 (-56,77%)	18499,06 (-10,37%)
<i>Crax bumenbachii</i>	113.634,89	55.531,55	20.986,22	188201,82 (+65,61%)	140812,45 (+153,57%)	7475,49 (-64,37%)	245460,66 (+116%)	203546,86 (+266,54%)	21609,16 (+2,96%)	156993,29 (+38,15%)	133308,24 (+140,05%)	9320,22 (-55,58%)
<i>Nemosia rourei</i>	81.086,63	64.672,25	16.001,17	110102,25 (+35,78%)	97933,92 (+51,43%)	2367,29 (-85,20%)	105919,25 (+30,62%)	97841,42 (+51,28%)	1531,29 (-90,43%)	80640,95 (-0,54%)	75784,72 (+17,18%)	1283,21 (-91,98%)
<i>Pteroglossus bailloni</i>	218.172,10	189.168,46	62.879,04	419059,69 (+92,07%)	347778,89 (+83,84%)	66301,37 (+5,44%)	379874,28 (+74,11%)	330007,6 (+74,45%)	61952,14 (-1,47%)	312632,79 (+43,29%)	261465,88 (+38,21%)	55060,53 (-12,43)

<sup>1</sup>Variação de área em relação as áreas atuais. ATI: Área total inicial; AF: Área adequada desconsiderando as áreas atualmente antropizada; AP: Área não antropizada atualmente protegida.

Tabela 4. Resultados para o cenário climático SSP-5-8.5

Espécies	Cenário SSP-5-8.5											
	Atual			2041-2060 <sup>1</sup>			2061-2080 <sup>1</sup>			2081-2100 <sup>1</sup>		
	ATI	AF	AP	ATI	AF	AP	ATI	AF	AP	ATI	AF	AP
<i>Aburria jacutinga</i>	170.758,95	134.011,73	52.046,37	258119,82 (+51,16%)	43450,67 (- 67,57%)	50405,66 (- 3,15%)	195991,2 (+14,77%)	131632,08 (- 1,77%)	49532,11 (- 4,83%)	388670,3 (+127,61%)	324192,01 (+141,91%)	24131,97 (- 53,63%)
<i>Anumara forbesi</i>	37.723,11	17.102,17	3.528,51	7209,51 (- 80,88%)	4590,41 (- 73,15%)	1416,56 (- 59,85%)	4320,06 (- 88,54%)	3082,41 (- 81,97%)	2504,39 (- 29,02%)	2187,65 (- 94,20%)	1900,82 (- 88,88%)	1974,82 (- 44,03%)
<i>Carponis melanocephala</i>	331.597,96	287.766,34	62.540,70	142801,81 (- 56,93%)	71510,88 (- 75,14%)	51096,05 (- 18,29%)	163723,95 (- 50,62%)	106453,54 (- 63%)	47658,44 (- 23,79)	176678,14 (- 46,71%)	134971,36 (- 53,09%)	42476,41 (- 32,08%)
<i>Cotinga maculata</i>	199.851,07	112.938,71	20.641,61	237800,62 (+18,98%)	199512,51 (+76,65%)	21141,24 (+2,42%)	204232,1 (+2,19%)	107815,39 (- 4,53%)	24690,1 (+19,61%)	144210,03 (- 27,84%)	50889,14 (- 54,94%)	24821,51 (+20,24%)
<i>Crax bumenbachii</i>	113.634,89	55.531,55	20.986,22	186903,85 (+64,47%)	148306,25 (+167,06%)	6178,56 (- 70,55%)	233673,76 (+105,63%)	173807,07 (+212,98%)	17451,74 (- 16,84%)	218303,95 (+92,10%)	185793,3 (+234,57%)	13796,21 (- 34,26%)
<i>Nemosia rourei</i>	81.086,63	64.672,25	16.001,17	121711,13 (+50,10%)	114382,79 (+76,86%)	1697,25 (- 89,39%)	96428,81 (+18,92%)	93089,56 (+43,94%)	842,01 (- 94,73%)	105567,94 (+30,19%)	103296,17 (+59,72%)	460,83 (- 97,12%)
<i>Pteroglossus bailloni</i>	218.172,10	189.168,46	62.879,04	287263,52 (+31,66%)	239946,28 (+26,84%)	53233,39 (- 15,34%)	332886,71 (+52,57%)	283190,67 (+49,70%)	54452,76 (- 13,40%)	339791,77 (+55,74%)	285746,32 (+51,05%)	52214,83 (- 16,95%)

<sup>1</sup>Variação de área em relação as áreas atuais. ATI: Área total inicial; AP: Área atualmente protegida; AF: Área atualmente antropizada.



#### 4 Discussão

No presente trabalho realizamos análises preditivas para avaliar as possíveis interferências das mudanças climáticas na distribuição de espécies de aves da Mata Atlântica em risco de extinção em distintos cenários climáticos e períodos temporais futuros. Os resultados deste estudo revelaram uma ausência de padrões bem definidos quanto à expansão ou contração das distribuições futuras sob distintos períodos e cenários de aquecimento global. Enquanto algumas espécies mostram potencial para ampliar suas áreas de distribuição, outras estão projetadas para sofrer reduções significativas. Essa variabilidade sugere que as respostas das aves da Mata Atlântica às mudanças climáticas são complexas e influenciadas por múltiplos fatores ecológicos e ambientais. Embora os resultados tenham indicado uma ausência de padrões claros em relação à expansão ou retração das áreas de distribuição das espécies, as sete espécies analisadas puderam ser divididas em três possíveis tendências.

Para o período futuro entre 2041 e 2060 a máxima redução observada na distribuição geográfica potencial foi no cenário 2 (aumento contínuo na emissão de gases estufa) de aproximadamente 76% da área total em relação a área atual na espécie *Carpornis melanocephala* e o maior aumento na distribuição pode chegar até 167% em área comparado a distribuição atual, ocorrendo no cenário 1 (estabilização na emissão de gases estufa em ritmo semelhante ao atual) na espécie *Crax blumenbachii*. Para o período futuro entre 2061 e 2080, a maior redução na distribuição é de 93% na espécie *Anumara forbesi* no cenário 1 e o maior aumento de distribuição foi na espécie *Crax blumenbachii*, com 266% no cenário 1. No período futuro (entre 2081 e 2100) a maior redução de distribuição de área foi de 89% na espécie *Anumara forbesi* no cenário 2 e o maior aumento na distribuição da área foi de 234% na espécie *Crax blumenbachii* no cenário 2.

Quando se analisa os dois cenários nos três períodos, as maiores variações de redução e aumento na distribuição de área estão, respectivamente, nas espécies *Anumara forbesi* (93%) e *Crax blumenbachii* (266%).

As espécies *Pteroglossus bailloni*, *Nemosia rourei* e *Crax blumenbachii*, tiveram variações positivas<sup>1</sup> em todos os cenários analisados, permanecendo numa crescente distribuição das áreas totais. As espécies *Aburria jacutinga*, *Cotinga maculata* e *Anumara forbesi* tiveram variações positivas e negativas<sup>2</sup> ao longo dos períodos, sendo que, na

---

<sup>1</sup> Variação positiva = aumento da área de ocorrência.

<sup>2</sup> Variação negativa = redução da área de ocorrência.

primeira espécie a variação é positiva na maior parte dos cenários e nas duas últimas espécies, a variação é negativa. Já a espécie *Carpornis melanocephala* teve uma variação negativa em todos os cenários analisados.

Prevê-se que a porção ocidental da Mata Atlântica se torne mais quente em comparação com a região costeira, explicando uma menor área de distribuição das espécies observadas em todos os cenários climáticos futuros (Seneviratne et al., 2021). Além disso, a porção ocidental da Mata Atlântica perdeu mais cobertura florestal do que a região costeira (Almazroui et al., 2021; MapBiomass, 2021).

De acordo com Collicchio (2022), os eventos extremos podem ter duas consequências principais: alagamentos e deslizamentos, ou secas e ondas de calor, ambas ligadas às mudanças climáticas. Nos últimos anos, o Sudeste e Centro-Oeste do Brasil enfrentaram secas mais intensas entre 2017 e 2021, além de chuvas extremas. Esse aumento nos eventos extremos coincide com o crescimento acelerado do aquecimento global, que pode estar afetando a frequência das chuvas (ClimaMeter, 2024)

As alterações no clima somada com a perda e fragmentação das florestas reduz a probabilidade de ocorrência de aves dependentes da floresta que é o caso de boa parte das espécies que ocorrem na Mata Atlântica (Leal e Câmara, 2003; De Marco e Coelho, 2004; Filho et al., 2021)

As espécies podem reagir ao corredor climático de diferentes maneiras e as espécies com alta capacidade de dispersão podem se mover para novas áreas mais favoráveis. Essas simulações mostraram que muitas espécies estão se deslocando para latitudes e altitudes mais altas devido ao aquecimento global. No entanto, para a Mata Atlântica, não há novas áreas favoráveis disponíveis e não se prevê expansão dos habitats florestais neotropicais. Em vez disso, espera-se uma redução das florestas e a transformação da Amazônia em savana (Souza et al., 2011).

Alguns autores alertam que muitos táxons estão vulneráveis devido à destruição de seus habitats. Distúrbios contínuos, como incêndios, desenvolvimento urbano, construção de estradas e mineração, representam grandes riscos para pequenas populações e dificultam o mapeamento preciso das espécies. (Rapini et al., 2002; Versieux, 2006; Wendt, 2007).

Embora a perda e a fragmentação de habitat sejam principais ameaças à conservação das espécies, acredita-se que, nas próximas décadas, o impacto das mudanças climáticas na perda da biodiversidade será maior do que o causado pelas mudanças no uso da terra em algumas regiões. (Bitencourt, 2016).

Essas características podem contribuir para que as espécies estudadas se adaptem, mantendo ou expandindo sua distribuição nos cenários preditivos analisados. No entanto, é importante considerar fatores além dos modelos, como a ocupação por mineradoras, pastagens, desertificação por queimadas tráfico animal, caça e devastação por extrativismo ilegal. Apesar dessas incertezas, os modelos preditivos são essenciais para compreender as espécies e suas possíveis áreas de distribuição, além de identificar ameaças como as que ocorrem no campo rupestre.

Nossos achados sugerem que as respostas das espécies às mudanças climáticas podem ser variáveis e dependentes de fatores específicos, como as características ecológicas de cada espécie, suas interações com outras espécies e a disponibilidade de habitats adequados (Dormann et al., 2012). Tal variabilidade é consistente com outros estudos que demonstram que algumas espécies podem expandir suas áreas de distribuição em resposta ao aumento das temperaturas, enquanto outras podem sofrer redução, dependendo da combinação de fatores bióticos e abióticos (Thuiller et al., 2005).

A diversidade de respostas observada pode ser explicada pela heterogeneidade ecológica da Mata Atlântica, um domínio caracterizado por uma grande variação altitudinal e latitudinal (Ribeiro et al., 2009). Espécies que ocupam nichos mais amplos ou que possuem maior capacidade de dispersão podem ser beneficiadas pela mudança climática, expandindo suas áreas de distribuição. Por outro lado, espécies com nichos mais restritos ou com menor capacidade de adaptação às mudanças ambientais podem ver suas áreas de distribuição reduzidas (Siqueira & Peterson, 2003).

A ausência de um padrão claro nos cenários futuros, no qual todas as espécies perdessem ou ganhassem área de distribuição potencial, também pode ser atribuída à incerteza inerente aos modelos climáticos e ecológicos utilizados. Como destacado por Araújo e Peterson (2012), as previsões de distribuição de espécies sob cenários de mudança climática são frequentemente influenciadas pela escolha dos modelos climáticos, parâmetros ecológicos e resoluções espaciais utilizadas, o que pode resultar em previsões contrastantes.

Além disso, a complexidade dos ecossistemas tropicais, com sua alta biodiversidade e interdependência entre espécies, pode contribuir para respostas não lineares e imprevisíveis às mudanças ambientais. Em florestas tropicais, onde a competição por recursos é intensa e as interações ecológicas são complexas, pequenos

impactos ambientais podem ter consequências amplificadas, levando a resultados de distribuição que não seguem um padrão uniforme (Malhi et al., 2014).

Os modelos de nicho utilizados para prever as mudanças na distribuição das espécies levam em consideração uma variedade de cenários climáticos futuros, cada um com diferentes projeções de aumento de temperatura e alteração nos padrões de precipitação (IPCC, 2014). Essa variação nos cenários, aliada às diferentes sensibilidades das espécies às condições climáticas, contribui para a ausência de um padrão unificado nos resultados. Portanto, a ausência de padrões bem definidos em nossos resultados reforça a necessidade de abordagens mais integradas e adaptativas na conservação da biodiversidade em cenários de mudanças climáticas. A incorporação de incertezas nos modelos de nicho e a consideração de múltiplos cenários climáticos e ecológicos são cruciais para desenvolver estratégias de conservação que sejam robustas frente à variabilidade e complexidade dos impactos das mudanças climáticas (Guisan et al., 2013).

## **5 Conclusão**

Estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade neotropical ainda são limitados. Embora a modelagem de distribuição apresente algumas limitações, é uma das ferramentas mais eficazes para prever futuros impactos, especialmente em países tropicais com dados empíricos escassos provenientes de programas de monitoramento de longo prazo.

Os modelos preditivos analisados indicam que as variações climáticas futuras poderão reduzir as áreas de ocorrência de algumas espécies, enquanto, em cenários mais severos, outras poderão expandir suas áreas de distribuição. Esses resultados destacam desafios significativos para a conservação, uma vez que as mudanças nas áreas adequadas para a ocorrência das espécies e a destruição de habitats devido às atividades humanas podem levar à extinção de espécies e à perda de funções e serviços ecossistêmicos associados.

Dada essa complexidade, é crucial que as estratégias de conservação para as aves da Mata Atlântica considerem tanto as espécies que poderão expandir suas áreas de distribuição quanto aquelas que enfrentarão retração. Abordagens baseadas em cenários múltiplos e avaliações contínuas das condições climáticas e ecológicas são essenciais para mitigar os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade (Bellard et al., 2012). A variabilidade nos resultados de modelagem de nicho sob diferentes cenários de

aquecimento global sublinha a importância de uma abordagem multidisciplinar e flexível na previsão e mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

São necessários estudos adicionais para avaliar os impactos das mudanças climáticas na distribuição e no status das espécies neotropicais, identificar áreas de refúgio climático e integrar outros programas de modelagem com trabalhos de campo para a conservação eficaz das espécies.

## 6 Referência Bibliográfica

- ALMAZROUI, M. et al. 2021. **Avaliação do desempenho do CMIP6 e das mudanças projetadas de temperatura e precipitação na América do Sul**. *Sistemas Terrestres e Meio Ambiente*, 5(2), 155–183. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00233-6>.
- ARAÚJO, M. B., PETERSON, A. T. (2012). **Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling**. *Ecology*, 93(7), 1527-1539.
- ARCGIS HOME PAGE. 2021. **Página Inicial**. Disponível em: <https://www.img.com.br/pt-br/arcgis/sobre-arcgis/visao-geral>. Acesso em julho de 2023.
- ARTAXO, P. Climate change: paths for Brazil: building a minimally sustainable society requires efforts from society with collaboration between Science and public policy makers. *Science & Culture*. São Paulo, v. 4, p. 01-14, dez. 2022. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252022000400013&lng=en&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252022000400013&lng=en&nrm=iso). Acesso em: maio de 2024. DOI: 10.5935/2317-6660.20220067
- BELLARD, C. et al. **Impacts of climate change on the future of biodiversity**. *Ecology Letters*, v. 15, n. 4, p. 365-377, abr. 2012. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2021). **IUCN Red List for birds**. Cambridge: BirdLife International. Disponível em: <https://www.birdlife.org/projects/iucn-red-list/>. Acesso em: agosto de 2023
- BITENCOURT, D. P. et al. **Frequência, duração, abrangência espacial e intensidade das ondas de calor no Brasil**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 4, 2016.
- BUTCHART, S. H. M. et al. **Which bird species have gone extinct? A novel quantitative classification approach**. *Biological Conservation*, v. 227, p. 9-18, 2018. DOI: 10.1016/j.biocon.2018.08.014.
- CADOTTE, M. W. et al. **Phylogenetic diversity metrics for ecological communities: integrating species richness, abundance and evolutionary history**. *Ecology Letters*, v. 13, p. 96-105, 2010. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2009.01405.x.
- CÂMARA, I. G. **Plano de ação para a Mata Atlântica**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 1991. 152p. Disponível em: [http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno\\_04.pdf](http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_04.pdf). Acesso em: maio de 2023.
- CASSINI, M. H. **Ecological principles of species distribution models: the habitat matching rule**. *Journal of Biogeography*, v. 38, n. 11, p. 2057-2065, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2011.02552.x

CHAGAS, K. P. T.; LUCAS, F. M. F.; VIEIRA, F. A. **Predictive modeling of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret: how can climate change affect its potential distribution range?** Floresta, v. 50, n. 2, p. 1315-1324, 2020. DOI: 10.5380/rf.v50i2.62980.

CLIMAMETER. **South Brazil Floods locally exacerbated by both human-driven climate change and natural variability.** 2024. Disponível em: <https://www.climameter.org/20240502-south-brazil-floods>. Acesso em: janeiro de 2024.

COLOMBO A. F.; JOLY C. A. **Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change.** Brazilian Journal of Biology 70: 697-708, 2010. DOI: 10.1590/S1519-69842010000400002

COLLICCHIO, E.; ROCHA, H. R. 2022. **Agri\_Muda Clima Agricultura e mudanças do clima no Estado do Tocantins: vulnerabilidade, projeções e desenvolvimento.** Portal De Livros Da Editora, 1, 438. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/editora/article/view/14286>. Acesso em: janeiro de 2023.

COLLINS, M. **A comparative analysis of the biodiversity and conservation of rainforests in Latin America.** Environmental Conservation, v. 17, n. 4, p. 302-312, 1990. DOI: 10.1017/S037689290003782X.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE RPPNs. **Relatório Anual de RPPN.** 2020. Disponível em: <https://www.rppn.org.br/>. Acesso em: novembro de 2023.

DE MARCO, P.; COELHO, F.M. **Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production.** *Biodiversity and Conservation* 13, 1245–1255 (2004).DOI: 10.1023/B:BIOC.0000019402.51193.e8

DEVELEY, P.; PHALAN, B. **Bird extinctions in Brazil's Atlantic Forest and how they can be prevented.** *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2021. DOI: 10.3389/fevo.2021.624587.

DÍAZ, S. et al. **Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change.** *Science*, v. 366, n. 6471, p. eaax3100, 13 dez. 2019. DOI: 10.1126/science.aax3100.

DICKINSON, J. L.; ZUCKERBERG, B.; BONTER, D. N. **Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits.** *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 45, p. 149-172, 2014. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636.

DORMANN, C. F., et al. (2012). **Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance**. *Ecography*, 36(1), 27-46.

EAKIN, C. M.; SWEATMAN, H.; BRAINARD, R. **The 2014–2017 global-scale coral bleaching event: insights and impacts**. *Coral Reefs*, v. 38, p. 1-7, 2019. DOI: 10.1007/s00338-019-01844-2.

ELITH, J. et al. **A statistical explanation of MaxEnt for ecologists**. *Diversity and distributions*, v. 17, n. 1, p. 43-57, 2011. DOI: 10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x

EVALDT, B. H. C; LEITE, Y. L. R; LOSS, A. C. **Climate change impact on small mammals from two Neotropical hotspots**. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2024. blae014. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blae014>. Acesso em: Agosto de 2023.

FILHO, A. T. O.; FONTES, M. A. L. **Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil and the influence of climate**. *Biotropica*, v. 32, p. 793–810, 2000. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x.

FILHO, J. C. M.; BENCHIMOL, M.; FARIA, D. 2021. **A composição da paisagem é o determinante mais forte dos padrões de ocupação de aves em manchas de floresta tropical**. *Ecologia da Paisagem*, 36(1), 105–117.

FORSTER, P. et al. **Changes in atmospheric constituents and radiative forcing**. In: SOLOMON, S. et al. (ed.). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the IPCC Fourth Assessment Report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. Cap. 2. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf>. Acesso em: julho de 2023.

FRANÇOSO, R. D. et al. **Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot**. *Natureza & Conservação*, v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015. DOI: 10.1016/j.ncon.2015.04.001

FRANKLIN, J. **Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction**. Cambridge University Press. 2010. DOI: 10.1017/CBO9780511810602

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA (2018). **Relatório anual de atividades: 2018**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica. Disponível em: [Fundação SOS Mata Atlântica](https://www.fundacao.org.br/relatorio-anual-de-atividades-2018). Acesso em: setembro de 2023.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2016-2017**. Relatório Técnico. São Paulo, 2018. Disponível



em: <https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica>. Acesso em: janeiro de 2024.

GARDNER, T. A. et al. **The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests**. *Ecology Letters*, v. 11, p. 139-150, 2008. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2007.01133.x

GONZÁLEZ, A. D. V. **Tree growth response to climate change in two threatened South American Biomes: Brazilian Atlantic Forest and Chilean Mediterranean Forest**. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.11.2018.tde-22032018-154156>. Acesso em: dezembro de 2023.

GUISAN, A. et al. **Predicting species distributions for conservation decisions**. *Ecology letters*, v. 16, n. 12, p. 1424-1435, 2013. DOI:10.1111/ele.12189

HADDAD, C. F. B. **Uma Análise da Lista Brasileira de Anfíbios Ameaçados de Extinção**. In: Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de extinção. Brasília: MMA, 2008. p.287-320

HASUI, É. et al. **Atlantic birds: a data set of bird species from the Brazilian Atlantic Forest**. *Ecology*, v. 99, n. 2, p. 497, 2018. DOI: 10.1002/ecy.2119.

HAWKINS, B. A. et al. **Climate, niche conservatism, and the global bird diversity gradient**. *The American Naturalist*, v. 170, supl. 2, p. S16-S27, ago. 2007. DOI: 10.1086/519009. PMID: 17874382.

HERBORG, L. M. et al. **Predicting invasion risk using measures of introduction effort and environmental niche models**. *Ecological Applications*, v. 17, n. 3, p. 663-674, abr. 2007. DOI: 10.1890/06-0239. PMID: 17494387.

HERON, S. F. et al. **Impacts of climate change on World Heritage coral reefs: a first global scientific assessment**. 2017. United States, National Oceanic and Atmospheric Administration; Coral Reef Conservation Program (U.S.); World Heritage Centre. Disponível em: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/16386>. Acesso em: novembro de 2023.

HUERTA, M. A. O.; PETERSON, A. T. **Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico**. *Diversity and Distributions*, v. 10, n. 1, p. 39-54, 2004. DOI: 10.1111/j.1472-4642.2004.00051.x.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2008. **Mapa da área de aplicação da Lei n 11.428 de 2006**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências. Disponível em:

[https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/estudos\\_ambientais/biomas/mapas/le\\_i11428\\_mata\\_atlantica.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/le_i11428_mata_atlantica.pdf). Acesso em: novembro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. – 2. Ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: Outubro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados sobre áreas antropizadas**. 2020. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html>. Acesso em: maio de 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Plano de Ação Nacional para a Conservação da Mata Atlântica. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan>. Acesso em: setembro de 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Dados aeroespaciais de referência da Cartografia Nacional e dados temáticos produzidos no ICMBio**. 2024. Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados\\_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais). Acesso em: maio de 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report**. Disponível em:

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SummaryVolume.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SummaryVolume.pdf). Acesso em: novembro de 2023.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2**. 2021. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: junho de 2023.

FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO (FUNAI). **Dados sobre Terras Indígenas 2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: junho de 2023.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **The IUCN Red List of threatened species: Version 2022-2**. 2022. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: janeiro de 2023.

JONES, P. D.; MOBERG, A. **Hemispheric and large-scale variations of surface air temperature: an extensive review and an update for 2001**. *Journal of Climate*, v. 16, p. 206-223, 2003. DOI: 10.1175/1520-0442(2003)016<0206:HALSSA>2.0.CO;2.

KARR, J. R.; FREEMARK, K. E. **Habitat selection and environmental gradients: dynamics in the "stable" tropics**. *Ecology*, v. 64, n. 6, p. 1481-1494, 1983.

LEAL, C. G.; CÂMARA, I. G. (2003). **The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook**. *Electronic Green Journal*. 1. DOI: 10.5070/G311910541.

LEAL, C. G.; CÂMARA, I. G. **Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese**. In: LEAL, C. G.; CÂMARA, I. G. (Eds.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, Conservação Internacional, Centro de Ciências Aplicadas à Biodiversidade, 2005. Disponível em: <https://ecologia.ib.usp.br/ecovegetal/leituras/CapituloVEstadodabiodiversidadedaMataAtlanticabrasileira.pdf>. Acesso em: dezembro de 2023.

LEES, A. C. et al. **Is the Purple-winged Ground-dove (*Claravis geoffroyi*) extinct?** *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 9, p. 624959, 2021. DOI: 10.3389/fevo.2021.624959.

LEMES, P.; LOYOLA, R. D. **Mudanças climáticas e prioridades para a conservação da biodiversidade**. *Revista de Biologia Neotropical / Journal of Neotropical Biology*, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 47–57, 2015. DOI: 10.5216/rbn.v11i1.30699.

LENSEN, N. J. L. et al. **Improvements in the GISTEMP uncertainty model**. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 124, n. 12, 2019. DOI: 10.1029/2018JD029522.

LIMA, L. M. **Aves da Mata Atlântica: riqueza, composição, status, endemismos e conservação**. São Paulo. 2023. (Dissertação de Mestrado). DOI: 41.2014.tde-17042014-091547

LOVEJOY, T. E.; HANNAH, L. (ed.). **Biodiversity and Climate Change: Transforming the Biosphere**. New Haven: Yale University Press, 2019. DOI: 10.2307/j.ctv8jnzwl.

MAAS, P. J. M.; RAINER, H.; LOBÃO, A. Q. **Annonaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/FB110834>. Acesso em: março de 2024.

MACLEAN, I. M.; WILSON, R. J. **Recent ecological responses to climate change support predictions of high extinction risk**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 108, n. 30, p. 12337-12342, 26 jul. 2011. DOI: 10.1073/pnas.1017352108.

MALHI, Y.; et al. (2014). **Tropical forests in the Anthropocene**. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 125-159.

MAPBIOMAS (2021). Coleção de séries de mapas de cobertura e uso da terra brasileira. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: outubro de 2023.

MARINI, M. Â.; GARCIA, F. I. **Bird conservation in Brazil**. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 665-671, 2005. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00705.x.

MARINI M. A. et al. **Applying ecological niche modelling to plan conservation actions for the Red-spectacled Amazon (Amazona pretrei)**. *Biological Conservation* 143: 102-112, 2010. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.09.009

MERRITT, R. J. et al. 2019. **The effects of habitat loss and fragmentation on the biodiversity of the Atlantic Forest: A review**. *Biodiversity and Conservation*, 28(9), 2463-2483. DOI: 10.1007/s10531-019-01774-4.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção**. Diário Oficial da União, Edição 108, Seção 01, p. 74, 8 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](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: novembro de 2023.

MITTERMEIER, R. G. et al. **Hotspots Revisited. Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Ed. CEMEX. 2004. (LIVRO). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/275651117\\_Hotspots\\_Revisited\\_Earth%27s\\_Biologically\\_Richest\\_and\\_Most\\_Endangered\\_Terrestrial\\_Ecoregions#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/275651117_Hotspots_Revisited_Earth%27s_Biologically_Richest_and_Most_Endangered_Terrestrial_Ecoregions#fullTextFileContent). Acesso em: dezembro de 2023.

- MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. **Introduction: The Brazilian Atlantic Forest**. *Biotropica*, v. 32, n. 4b, p. 786-792, 2000. DOI: 10.1646/0006-3606(2000)032[0786]2.0.CO;2.
- MYERS, N. et al. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. *Nature*, v. 403, n. 6772, 2000. DOI: 10.1038/35002501.
- NEWBOLD, T. **Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios**. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 285, n. 1881, p. 20180792, 27 jun. 2018. DOI: 10.1098/rspb.2018.0792. PMID: 29925617; PMCID: PMC6030534.
- PACHECO, J. F.; FONSECA, P. **The remarkable rediscovery of the Kinglet *Calyptura Calyptura cristata***. *Cotinga*, v. 16, p. 44-47, 2001. Disponível em: <https://www.neotropicalbirdclub.org/wp-content/uploads/2016/05/Cotinga-16-2001-48-51.pdf>. Acesso em: agosto de 2023.
- PACIFIC, M. et al. **Assessing species vulnerability to climate change**. *Nature Climate Change*, v. 5, p. 215-224, 2015. DOI: 10.1038/nclimate2448.
- PAGLIA, A. P. et al. **Species Distribution Models (SDM) in Biodiversity Conservation Strategies and Climate Change Ecosystem Based Adaptation**. *Natureza & Conservação*, v. 10, n. 2, p. 231-234, dez. 2012. DOI: 10.4322/natcon.2012.03
- PARMESAN, C. **Ecological and evolutionary responses to recent climate change**. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 37, p. 637-669, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>. Acesso em: setembro de 2023
- PEARSON, R. G. et al. **Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar**. *Journal of biogeography*, v. 34, n. 1, p. 102-117, 2007. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x
- PECL, G. T. et al. **Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being**. *Science*, v. 355, n. 6332, p. eaai9214, 31 mar. 2017. DOI: 10.1126/science.aai9214. PMID: 283602618;
- PETERSON, A. et al. **Ecological Niches and Geographic Distributions**. 2011. DOI: 10.1515/9781400840670.
- PETERSON, A. T.; MEYER, E. M.; SALAZAR, C. G. **Reconstructing the Pleistocene geography of the *Aphelocoma* jays (Corvidae)**. *Diversity and Distributions*, v. 10, n. 4, p. 237-246, 2004. DOI: 10.1111/j.1366-9516.2004.00097.x

- PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. **A maximum entropy approach to species distribution modeling.** In: Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning. ACM, p. 83, 2004. DOI: 10.1145/1015330.1015412
- PIACENTINI, V. Q. **Taxonomia e distribuição geográfica dos representantes do gênero *Phaethornis* Swainson, 1827 (Aves: Trochilidae).** 2011. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 414 p. DOI: 10.11606/T.41.2011.tde-20012012-093625.
- PIMM, S. et al. **The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection.** Science, v. 344, p. 1246752, 2014. DOI: 10.1126/science.1246752.
- PIZO, M. A.; TONETTI, V. R. **Living in a fragmented world: Birds in the Atlantic Forest.** The Condor, v. 122, p. duaa023, 2020. DOI: 10.1093/condor/duaa023.
- PRINGLE, M. C.; MARTIN, T.; RHODES, J. **Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis.** Global Change Biology, v. 18, p. 1239-1252, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02593.x.
- RAFTERY, A. et al. **Less than 2 °C warming by 2100 unlikely.** Nature Climate Change, v. 7, p. 637-641, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate3352>
- RAPINI, A.; SILVA, R. M.; KAWASAKI, M. L. 2002. **Richness and endemism in Asclepiadoideae (Apocynaceae) from the Espinhaço Range of Minas Gerais, Brazil - a conservationist view.** Biodiversity and Conservation 11 (10): 1722–1746. DOI: 10.1023/A:1020346616185
- REZENDE, C. L. et al. (2018). **From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest.** Perspectives in Ecology and Conservation. 16(4), 208-214. DOI: 10.1016/j.pecon.2018.10.002
- RIBEIRO, M. C. et al. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.** Biological Conservation, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.02.021.
- RICKLEFS, R. E., RELYEA, R. (2016). **Ecology: The Economy of Nature.** Eighth Edition. 8th ed. 2018.
- RIUL, P. et al. **Invasive potential of the coral *Tubastraea coccinea* in the southwest Atlantic.** Marine Ecology Progress Series, v. 480, p. 73-81, 2013. DOI: 10.3354/meps10200.
- SALES, L; RODRIGUES, L; MASIERO, R. **Climate change drives spatial mismatch and threatens the biotic interactions of the Brazil nut.** Global Ecology and Biogeography, v. 30, p. 1-11, 2020. DOI: 10.1111/geb.13200.

- SANDEL, B. et al. **The influence of late Quaternary climate-change velocity on species endemism.** *Science*, v. 334, p. 660-664, 2011. DOI: 10.1126/science.1210173.
- SCIAMARELLI, A. **Áreas de adequabilidade ambiental de uma essência nativa brasileira variam com os dados dos satélites Aqua e Terra - MODIS/EVI?** *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 31672–31682, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n5-573.
- SEGAN, D. B.; MURRAY, K. A.; WATSON, J. E. M. **Richness and composition of plants and birds on islands with differing land use and climate change scenarios.** *Biodiversity and Conservation*, v. 25, n. 5, p. 935-955, 2016. DOI: 10.1016/j.gecco.2015.11.002.
- SENEVIRATNE, S. I. et al. 2021. **Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, DOI: 10.1017/9781009157896.013.
- SHINE, K. et al. **Alternatives to global warming potential for comparing the climate impacts of greenhouse gas emissions.** *Climatic Change*, v. 68, p. 281-302, 2005. DOI: 10.1007/s10584-005-1146-9.
- SILVA, J. M. C.; SOUZA, M. C.; CASTELLETTI, C. H. M. **Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America.** *Global Ecology and Biogeography*, v. 13, n. 1, p. 85-92, 2004. DOI: 10.1111/j.1466-822X.2004.00077.x.
- SILVA, A. M. V. et al. **Modelling species distributions to predict areas at risk of invasion by the exotic aquatic New Zealand mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Gray 1843).** *Freshwater Biology*, v. 64, 2019. DOI: [10.1111/fwb.13323](https://doi.org/10.1111/fwb.13323)
- SILVA, M. C. **Modelo de distribuição de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King na Amazônia Brasileira.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará. 72 p. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1112/1/MODELO%20DE%20DISTRIBUI%c3%87%c3%83O%20DE%20NICHOCOL%20ECOL%20GICO....pdf>.
- Acesso em: setembro de 2023
- SIQUEIRA, M. F.; DURIGAN, G. **Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo.** *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30, n. 2, p. 233-243, 2007. DOI: 10.1590/S0100-84042007000200008

- SIQUEIRA, M. F., PETERSON, A. T. (2003). **Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species.** *Biota Neotropica*, 3(2), 1-14.
- SOMENZARI, M. et al. **An overview of migratory birds in Brazil.** Papéis Avulsos de Zoologia, v. 58, p. e20185803, 2018. DOI: 10.11606/1807-0205/2018.58.03.
- SOUZA, T. V.; LORINI, M. L.; ALVES, M. A. S.; CORDEIRO, P.; VALE, M. M. **Redistribuição de ameaçados e endêmicos Aves da Mata Atlântica sob Mudanças Climáticas.** Revista Brasileira de Conservação da Natureza. 2011. DOI: 10.4322/natcon.2011.028
- STEVEN, J.; PHILLIPS, M. D.; ROBERT, E. S. **Software Maxent para modelagem de nichos e distribuições de espécies (versão 3.4.1).** Disponível em: [http://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/). Acesso em janeiro de 2024.
- THEODORIDIS, S.; FORDHAM, D. A.; BROWN, S. C. et al. **História evolutiva e mudanças climáticas passadas moldam a distribuição da diversidade genética em mamíferos terrestres.** Nature Communications, v. 11, p. 2557, 2020. DOI: 10.1038/s41467-020-16449-5.
- THOMAS, C. D. et al. **Extinction risk from climate change.** Nature, v. 427, n. 6970, p. 145-148, 8 jan. 2004. DOI: 10.1038/nature02121. PMID: 14712274.
- THUILLER, W., et al. (2005). **Climate change threats to plant diversity in Europe.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(23), 8245-8250.
- TREW, B. T.; MACLEAN, I. M. D. **Vulnerability of global biodiversity hotspots to climate change.** Global Ecology and Biogeography, v. 30, p. 768-783, 2021. DOI: 10.1111/geb.13272.
- VALE, M. M.; ALVES, M. A. S.; LORINI, M. L. 2009. **Mudanças Climáticas: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira.** Oecologia Brasiliensis. 13:518-535. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2009.1303.07>
- VALE, M. M. et al. **Endemic birds of the Atlantic Forest: traits, conservation status, and patterns of biodiversity.** Journal of Field Ornithology, 2018. DOI: 10.1111/jof.12256.
- VERSIEUX, L. M.; WENDT, T. 2006. **Checklist of Bromeliaceae of Minas Gerais, Brazil, with notes on taxonomy and endemism.** Selbyana 27: 107-146. DOI: 10.2307/41760275



WALTHER, G. R. **Community and ecosystem responses to recent climate change.** Philosophical Transactions of the Royal Society B, v. 365, p. 2019-2024, 2010. DOI: 10.1098/rstb.2010.0021.