

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
NÚCLEO DE GESTÃO INTEGRADA EM JUAZEIRO / BA**



**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico
Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

**ARTIGO CIENTÍFICO
Ciclo 2023-20224**

**IMPACTO DO CONTROLE DAS ABELHAS AFRICANIZADAS SOBRE AS
POPULAÇÕES DAS ABELHAS NATIVAS NAS UNIDADES DE
CONSERVAÇÃO DA ARARINHA AZUL**

Nome do Estudante de IC: Sara Leticia Barbosa Rodrigues dos Santos

Orientador(a): Onildo João Marini Filho

Coorientador: Aline Candida Ribeiro Andrade e Silva

**Instituição do coorientador: Universidade Federal do Vale do
São Francisco**

Periódico: BioBrasil

**Título do artigo: Impacto do controle das abelhas africanizadas sobre as
populações das abelhas nativas nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul**

**Petrolina
Setembro/2024**

Impacto do controle das abelhas africanizadas sobre as populações das abelhas nativas nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul

RESUMO - As abelhas são essenciais para os ecossistemas, sendo um dos principais agentes responsáveis pela polinização. Contudo, a expansão de espécies exóticas, como a *Apis mellifera*, contribui para o aumento de competição por recursos alimentares e ambientais não restringindo-se somente a abelhas, também afeta aves como os psitacídeos, a exemplo da ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*). Como forma de aumentar a disponibilidade de ocos para reprodução de psitacídeos nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul, Curaçá e Juazeiro - BA, o controle da *A. mellifera* nos ocos está sendo executado como uma das ações do Plano de Ação Nacional para conservação da espécie. Com objetivo de analisar o impacto desse controle sobre a população de abelhas nativas, foi feito o levantamento de espécies em oito unidades amostrais, cinco já submetidas ao controle e três sem controle. Os indivíduos foram coletados por busca ativa em manchas florais entre os meses de dezembro de 2023 a agosto de 2024. Ao todo foram coletados 486 indivíduos, sendo *A. mellifera* e *Trigona aff. fuscipennis* as espécies mais abundantes, representando 70% do total. A abundância de espécies e o índice de diversidade das áreas com controle foi ligeiramente maior do que nas áreas sem controle, já a equitabilidade de Pielou mostrou-se maior onde não houve controle. A alta dissimilaridade mostra que poucas espécies são compartilhadas entre as áreas e a correlação entre pluviosidade mensal e riqueza foi moderadamente positiva. Isso indica que o controle e as condições climáticas contribuem para um leve aumento da diversidade de espécies nativas.

Palavras-chave: Competição; biodiversidade; polinizadores.

Impact of controlling Africanized Bees on Native Bee populations in Spix's Macaw Conservation Units

ABSTRACT - Bees are essential for ecosystems and are one of the main agents responsible for pollination. However, the expansion of exotic species, such as *Apis mellifera*, contributes to increased competition for food and environmental resources, not just restricted to bees, it also affects birds such as psittacines, such as the Spix's Macaw (*Cyanopsitta spixii*). In order to increase the availability of nests for psittacine reproduction in the Spix's Macaw Conservation Units, Curaçá and Juazeiro - BA, the control of *A. mellifera* in nests is being implemented as one of the actions of the National Action Plan for conservation of the species. In order to analyze the impact of this control on the population of native bees, a survey of species was carried out in eight sampling units, five of which were already subject to control and three without control. The individuals were collected by active search in floral patches between December 2023 and August 2024. A total of 486 individuals were collected, with *A. mellifera* and *Trigona aff. fuscipennis* being the most abundant species, representing 70% of the total. The species abundance and diversity index of the areas with control were slightly higher than in the areas without control, while Pielou's evenness was higher where there was no control. The high dissimilarity shows that few species are shared between the areas and the correlation between monthly rainfall and richness was moderately positive. This indicates that control and climatic conditions contribute to a slight increase in the diversity of native species.

Keywords: Competition; biodiversity; pollinators.

Impacto del control de las abejas africanizadas en las poblaciones de abejas nativas en las Unidades de Conservación de Guacamayos de Spix

RESUMEN - Las abejas son esenciales para los ecosistemas, siendo uno de los principales agentes responsables de la polinización. Sin embargo, la expansión de especies exóticas, como *Apis mellifera*, contribuye a una mayor competencia por los alimentos y los recursos ambientales, que no se limita sólo a las abejas, sino que también afecta a aves como los loros, como el guacamayo de Spix (*Cyanopsitta spixii*). Como una forma de aumentar la disponibilidad de hoyos para la reproducción de loros en las Unidades de Conservación de Ararinha Azul, Curaçá y Juazeiro - BA, el control de *A. mellifera* en los hoyos se está realizando como una de las acciones del Plan de Acción Nacional para la conservación de la especie. Para analizar el impacto de este control en la población de abejas nativas, se realizó un censo de especies en ocho unidades de muestreo, cinco ya sujetas a control y tres sin control. Los individuos fueron recolectados mediante búsqueda activa en parches florales entre los meses de diciembre de 2023 y agosto de 2024. En total se recolectaron 486 individuos, entre ellos *A. mellifera* y *Trigona aff. fuscipennis* la especie más abundantes, representando el 70% del total. La abundancia de especies y el índice de diversidad en áreas con control fueron ligeramente mayores que en áreas sin control, mientras que la uniformidad de Pielou fue mayor donde no hubo control. La alta disimilitud muestra que pocas especies se comparten entre áreas y la correlación entre las precipitaciones mensuales y la riqueza fue moderadamente positiva. Esto indica que el control y las condiciones climáticas contribuyen a un ligero aumento en la diversidad de especies nativas.

Palabras llave: Competencia; biodiversidad; polinizadores.

Introdução

As abelhas constituem um dos mais diversos grupos de insetos do mundo, com cerca de 20.000 espécies já descritas, sendo globalmente distribuídas [1]. No Brasil é notável a diversidade de espécies, sendo registradas cerca de 3.000 [2], e de acordo com a última revisão sistemática [3], 187 dessas espécies ocorrem no Domínio Morfoclimático da Caatinga (DMC). Essa vegetação equivale a aproximadamente 10% de todo território brasileiro, sendo característica da região semiárida do Nordeste [4, 5], com rica fauna e flora e altos índices de endemismo, a exemplo das abelhas, ultrapassando 50% [6, 7, 8].

Esses animais são essenciais para o ecossistema desempenhando um papel fundamental na polinização de ambientes naturais e agrícolas [9, 10]. Nas áreas naturais quase 80% da polinização é realizada pelas abelhas no papel de polinizador efetivo [11]. Na Caatinga a polinização feita por abelhas é a mais comum, realizada tanto por abelhas sociais quanto por solitárias [12].

Contudo, apesar da eficiência no serviço de polinização, essencial para produção de alimentos e manutenção das florestas, estudos mostram o declínio da população de abelhas [13]. A perda de habitat e o desmatamento de florestas nativas contribuem para o desaparecimento acelerado dessas espécies [14, 15].

Embora haja uma alta biodiversidade e grande importância, a Caatinga é um domínio ameaçado. Estima-se que, pelo menos, metade da cobertura original deste domínio tenha sido perdida em função da intensificação das ações antrópicas [8]. A introdução de espécies exóticas e a competição por sítios de nidificação associado à supressão vegetal podem representar modificações na composição da biodiversidade local, alterando a funcionalidade de serviços ecossistêmicos, tal como a polinização [16].

Acredita-se que cerca de 20% das extinções de espécies tenham sido causadas por espécies exóticas introduzidas em habitats naturais [17], sendo capazes de reduzir a população nativa causando uma ruptura de processos ecológicos [16]. Entre as espécies de abelhas introduzidas e exóticas, a *Apis mellifera* também conhecida como abelha africanizada, é considerada uma das invasões mais rápidas e extensas já conhecidas [18, 16]. Essa é um polihíbrido, resultado de cruzamento entre abelhas europeias e africanas. Foi introduzida no Brasil na década de 1950, rapidamente se adaptou às regiões do país, e particularmente bem na região da Caatinga [6].

A predominância da abelha africanizada interfere prejudicialmente na população de abelhas nativas devido à competição por nicho trófico e reprodutivo (cavidades para nidificação) [19, 16]. Além de afetar espécies de abelhas nativas, a ocupação de ocos de árvores e fendas atinge diretamente aves como psitacídeos (papagaios, maracanãs, periquitos e araras) que utilizam essas cavidades como sítios de nidificação [20, 21].

Dessa maneira, além de competir com os polinizadores locais, a abelha africanizada é uma das principais ameaças para a reintrodução da *Cyanopsitta spixii* (Wagler, 1832), a Ararinha-azul, espécie criticamente ameaçada de extinção. A fim de compor estratégias para a reintrodução da *C. spixii* em áreas protegidas (Unidades de Conservação da Ararinha Azul), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) por meio do Plano de Ação Nacional para a conservação da ararinha-azul (PAN Ararinha-azul) juntou esforços para conservação dessa espécie [22].

As UCs da Ararinha Azul estão localizadas entre os municípios de Juazeiro e Curaçá, no estado da Bahia. Em 2022 foram reintroduzidos os primeiros exemplares da ararinha-azul, após mais de duas décadas sem registros de indivíduos na natureza [23]. A abelha africanizada vem sendo apontada como o principal risco para as ararinhas-azuis, provocando um grave problema de competição por locais de nidificação, uma vez que ambas utilizam cavidades arbóreas preexistentes nas caraibeiras (*Tabebuia aurea*), a principal espécie vegetal historicamente utilizada para nidificação pelas ararinhas-azuis, e fendas em paredões rochosos limitando recursos para espécies nativas e interferindo no sucesso reprodutivo atacando os ninhos durante a incubação dos ovos [24, 25, 26, 27, 28].

Diante dessa problemática, o PAN Ararinha-azul prevê na ação 4.7 “o controle da espécie exótica *Apis mellifera* em potenciais ninhos de psitacídeos nos ocos das árvores, principalmente na área de soltura da ararinha-azul”. Atendendo a esta ação, vem sendo realizado desde 2021 o levantamento sistemático dos ninhos das abelhas africanizadas em ocos de caraibeiras, com mais de 300 enxames (ninhos) registrados até os dias atuais [27, 28], e sua remoção através de tratamentos físicos, químicos e remoção manual.

O inseticida fipronil tem uma elevada toxicidade para os invertebrados e devido a sua flexibilidade e facilidade de aplicação é vastamente utilizado, é moderadamente persistente com sua meia vida resistindo vários meses no ambiente [29, 30]. Ele age no sistema nervoso central e afeta os canais cloro-dependentes de glutamato, provocando a morte após hiperexcitação e paralisia [31]. A probabilidade de permanência de resíduos

de fipronil no ambiente é alta, e sua toxicidade pode se estender também às abelhas nativas [32, 33].

A permetrina quando utilizada em doses subletais debilita os indivíduos expostos dificultando sua capacidade de orientação, conseqüentemente, impossibilita a realização da dança de recrutamento causando o definhamento da colônia [34, 35].

O gás carbônico (CO₂) é utilizado com frequência, pois possui rápida ação, fácil uso, acessível e comparado a outros produtos químicos é seguro para os humanos e insetos não-alvo. Aplicado através de descarga a baixa temperatura, o CO₂ perturba o comportamento de forrageamento de forma a afetar a sobrevivência das abelhas [36].

O controle dos enxames de abelhas africanizadas já foi realizado em 12 (doze) unidades amostrais (UA), cada uma representada por um transecto de 10 km, totalizando 120 km percorridos nas Unidades de Conservação da Ararinha-azul – Refúgio de Vida Silvestre (RVS) e Área de Proteção Ambiental (APA) [28]. Ainda referindo-se ao controle da espécie exótica, não são conhecidos os efeitos sobre a dinâmica das populações de abelhas nativas, sendo crucial o levantamento e monitoramento dessas espécies ao longo dos riachos nas áreas com e sem controle nas UCs.

Como forma de analisar o impacto do controle da *A. mellifera* gerado sobre as populações de abelhas nativas, este trabalho tem como objetivos: 1) Determinar a composição, riqueza, abundância e diversidade das espécies de abelhas nativas nas unidades amostrais selecionadas em áreas com e sem controle das abelhas africanizadas. 2) Analisar a variação espaço-temporal na composição das populações das abelhas nativas nas áreas com e sem controle das abelhas africanizadas

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo para esta pesquisa compreendeu oito UAs nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul (Refúgio de Vida Silvestre - RVS e Área de Proteção Ambiental da Ararinha-Azul - APA). Estas estão localizadas no Domínio Morfoclimático da Caatinga, no norte do estado da Bahia, entre os municípios de Juazeiro e Curaçá, margeando o Rio São Francisco (Fig. 1). As UCs foram criadas em 2018 pelo Governo Federal [37]. A APA e o RVS ocupam aproximadamente 90 mil e 30 mil hectares,

respectivamente [38, 5], e são consideradas de extrema importância biológica para conservação, sendo o RVS o último local de ocorrência da Ararinha-azul [39]. O clima da região é semiárido tropical muito quente (Bsh' no sistema de Köppen) [40], caracterizado por longos períodos de seca, com uma média de temperatura anual de 24°C e precipitação de 454 mm, concentrada principalmente entre os meses de janeiro e abril 454mm [41, 4, 38].

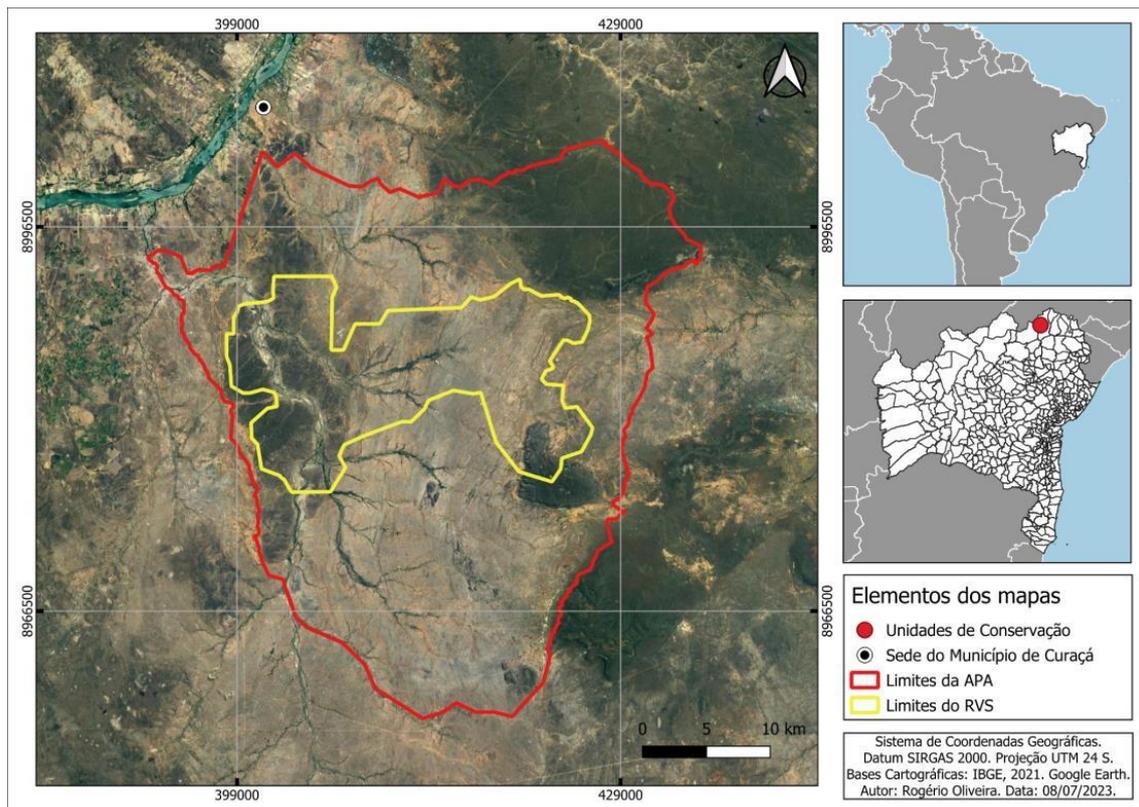


Figura 1- Áreas de estudo: Unidade de Conservação da Ararinha Azul. Em vermelho, os limites da Área de Proteção Ambiental e em amarelo o Refúgio de Vida Silvestre. Fonte: Oliveira, 2023.

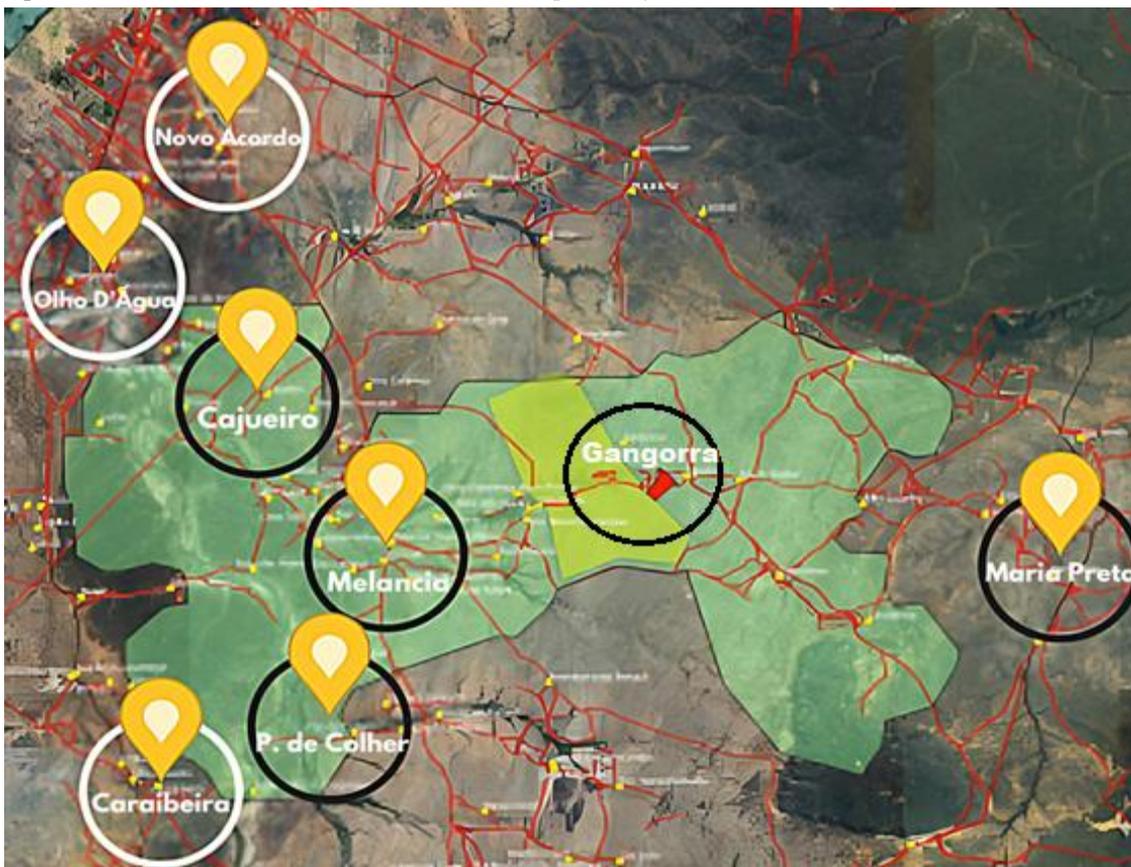
Nessa região a vegetação predominante é composta por formações arbustivo-arbórea aberta à esparsa, arbórea aberta à fechada e arbustiva densa distribuídas e quatro principais tipos de paisagens, são elas: a caatinga de pediplanos; de pavimentos rochosos; de rios e riachos temporários com planície aluvial de florestas densas a abertas; e a de terrenos residuais [42]. Por ser uma região onde há predominância de indivíduos de *T. aurea*, espécie comum cujos ocos são utilizados pelos psitacídeos para nidificação [25, 26], a caatinga de rios e riachos temporários com planície aluvial e florestas densas e abertas foi considerada uma área de alto potencial para a reintrodução da ararinha-azul e,

portanto, foi realizada a soltura dos primeiros oito indivíduos em 11 de junho de 2022, sendo cinco fêmeas e três machos [23].

Unidades e Delineamento amostral

As amostragens ocorreram em oito UAs levando em consideração os leitos de riachos temporários, das quais sete (Cajueiro – CJ, Caraibeira – CB, Gangorra – G, Maria Preta – MP, Melancia – M, Olho D’água - OD e Pau de Colher - PC) já foi realizado levantamento de enxames por Nascimento (2021), Oliveira (2022) e França (2023). Uma nova área (Novo Acordo – NA) foi delimitada em uma localidade onde havia sobreposição com outras unidades, totalizando cinco áreas já controladas (CJ, G, MP, M e PC) e três áreas sem nenhum tipo de controle (CB, NA e OD) (Fig. 2).

Figura 2- Unidades amostradas nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul. Os círculos pretos representam áreas com controle da abelha exótica *Apis mellifera* e círculos brancos são áreas sem controle.



As coletas foram realizadas em UAs do tipo *buffer*, com raio de 2,5 km. Cada *buffer* foi desenhado em torno de um centroide, delimitado a partir de uma caraibeira com

registro de osos ocupados por *A. mellifera*. A partir do centroide, foram demarcados dois sítios (A e B) para cada um dos lados nas áreas de influência dos riachos, totalizando aproximadamente 5 km de extensão para cada *buffer* (Fig. 3).



Figura 3- Representação da Unidade Amostral em formato de *buffer*, destacando os sítios A e B nas cores Azul e Amarelo, respectivamente, nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul. Fonte: França, 2023.

Nas UAs Melancia e Cajueiro foi recebido tratamento químico com permetrina, na UA Pau de Colher ocorreu aplicação de descargas de Gás Carbônico, na UA Gangorra foi utilizado fipronil e na UA Maria Preta foi feita a associação de CO₂ e fipronil. Os tratamentos ocorreram até o ano de 2023.

As coletas foram realizadas em seis expedições nos meses de dezembro de 2023, abril, maio, junho, julho e agosto de 2024. Cada uma teve duração de dois dias e ocorria entre as 6:00 e 16:00. O levantamento das espécies de abelhas nativas foi realizado através de busca ativa, as abelhas foram coletadas em plantas em floração. Os centroides dos *buffers* foram marcados ao longo do acesso da estrada local e a localização dos indivíduos coletados foi georreferenciada no aplicativo Avenza Maps (Tab. 1).

Tabela 1 – Unidades amostrais selecionadas nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul, com registro das datas, nomes das localidades, sítios e coordenadas em UTM (zona 24 L).

Data	Buffer	Sítio	Longitude	Latitude
17/12/2023	Melancia	A	408474	8984088
18/12/2023	Melancia	B	408474	8984088
18/12/2023	Pau de Colher	A	406673	8978254
19/12/2023	Pau de Colher	B	406673	8978254
02/04/2024	Gangorra	A	416508	8987002
03/04/2024	Gangorra	B	416508	8987002
13/05/2024	Maria Preta	A	430021	8983735
14/05/2024	Maria Preta	B	430021	8983735
12/06/2024	Cajueiro	A	404368	8989315
12/06/2024	Cajueiro	B	404368	8989315
09/07/2024	Novo Acordo	A	403413	8998382
10/07/2024	Novo Acordo	B	403413	8998382
10/07/2024	Olho D'água	A	399446	8993328
12/08/2024	Olho D'água	B	399446	8993328
13/08/2024	Caraibeira	A	401297	8976053

Foram coletados ao todo 486 indivíduos nas oito áreas amostrais no levantamento de manchas florais, tais indivíduos foram coletados durante o forrageamento nas manchas florais. A observação e identificação das abelhas nas manchas florais foi feita com auxílio de binóculos 8 x 42 mm. Os indivíduos foram colocados em microtubos Eppendorf de 2 ml e tubos Falcon 15 ml, etiquetados com as coordenadas da sua área amostral e sítio, data, coletor, temperatura, hora, umidade relativa do ar, tipo de vegetal associado e condições climáticas.

Os indivíduos coletados foram triados, montados, identificados, tombados e depositados na Coleção de Invertebrados Terrestres do Museu de Fauna da Caatinga (CEMAFAUNA) da UNIVASF, Petrolina-PE. A identificação das espécies foi feita de acordo com a determinação da professora Dra. Favízia Freitas de Oliveira. Registros fotográficos e material biológico dos vegetais visitados pelas abelhas foram coletados

para futura identificação. Porém, não conseguimos identificar alguns dos indivíduos, designando-os como morfotipos.

Tivemos algumas dificuldades de financiamento do trabalho de campo como o corte de recursos sofrido pelo projeto em função da carência de recursos no GEF_Pró-Espécies/WWF, conseqüentemente, não foi possível realizar as 12 (doze) expedições previstas no Plano de Trabalho.

Análises estatísticas

Para composição, uma tabela listando todas as espécies de abelhas coletadas foi gerada a partir do levantamento de cada UA percorrida na APA da Ararinha-Azul. Identificados posteriormente a partir do material já triado na Coleção de Invertebrados Terrestres. Para verificar a riqueza, foi contabilizado o número de espécies presente em cada UA a partir de dados planilhados utilizando o Software R 4.3.2 (R Development Core Team, 2023).

Foi calculado o percentual para abundância relativa (Ar) para família, tribo, gênero e espécie para cada UA separadamente e para ambas em conjunto. Em que o número de organismos de cada táxon é N , e o valor total de espécimes é N_a :

$$Ar = N * 100 / N_a (\%)$$

Foram feitas análises de diversidade de Shannon-Wiener e Equitabilidade de Pielou entre as UAs contempladas nas expedições para as Unidades de Conservação da Ararinha Azul. A diversidade entre as áreas foi avaliada usando o índice de Shannon-Wiener (H'), que indica a incerteza na previsão da identidade de uma espécie na comunidade, considerando o número de espécies e como estão distribuídas em termos de abundância. Também foi calculada a Equitabilidade de Pielou (J), uma medida relacionada ao H' , que avalia como as abundâncias relativas estão distribuídas, tendendo a zero se uma espécie domina fortemente e a um se as espécies na comunidade têm abundâncias relativas semelhantes.

Finalizando, foi calculado o percentual de similaridade das espécies entre as oito UAs utilizando os números de espécies exclusivas para cada área e o número de espécies comuns entre elas. O resultado foi obtido utilizando dados tabulados para cada área

amostral através da função *Multivariate, Similarity and distance indices* no aplicativo Past.

Todas as análises foram realizadas através do Software R 4.3.2 (R Development Core Team, 2023) e do aplicativo Past.

Resultados

O levantamento de abelhas nas manchas florais através de coleta ativa, gerou uma amostragem de 486 indivíduos subdivididos em cinco famílias (Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae), 14 tribos (Apini, Augochlorini, Calliopsini, Centridini, Ceratinini, Emphorini, Eucerini, Euglossini, Halictini, Hylaeini, Megachilini, Meloponini, Tapinotaspidini e Xylocopini), 26 gêneros e 42 espécies (Tab. 2; Fig. 4).

Considerando as oito UAs em conjunto, a ordem representativa de abundância em cada táxon foi definida como família Apidae (92,4%), tribo Meliponini (51,3%), gênero *Trigona* (38,4%) e espécies *Trigona aff. fuscipennis* (36,2%), *Apis mellifera* (33,3%) e *Frieseomelitta doederleini* (5,6%) totalizando cerca de 76% da amostragem total (Fig. 5).

Na análise para cada UA, a família Apidae esteve predominante em todas as localidades com 94,9% da amostragem total. Já ao nível de tribo, Meliponini se sobressaiu em seis UAs totalizando 66,4%, o gênero *Trigona* com 23,6% foi o mais representativo e as espécies *Trigona aff. Fuscipennis* (23,6%), *Apis mellifera* (17,1%) e *Frieseomelitta doederleini* (10,0%) representaram maior abundância nas áreas.

Tabela 2- Composição e riqueza das famílias, tribos e espécies coletadas nas manchas florais das Unidades Amostrais na APA da Ararinha-Azul, nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul.

Família	Tribo	Espécies	Áreas manejadas					Áreas não-manejadas			Total coletado
			CJ	G	MP	M	PC	CB	NA	OD	
Andrenidae	Calliopsini	<i>Acamptopoeum prinii</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	Incertae sedis	<i>Panurginae sp. 1</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Apidae	Apini	<i>Apis mellifera</i>	11	75	30	1	14	0	21	10	162

Centridini	<i>Centris aenea</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	3
	<i>Centris fuscata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Centris tarsata</i>	0	2	0	1	0	0	0	0	3
	<i>Centris trigonoides</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	2
	<i>Centris varia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Ceratini	<i>Ceratina</i> sp. 1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Emphorini	<i>Ancyloscelis</i> sp. 1	0	0	2	0	0	0	0	0	2
	<i>Emphorini</i> sp. 1	0	0	11	0	0	0	0	0	11
	<i>Melitoma</i> sp. 1	0	0	4	0	0	0	0	0	4
Eucerini	<i>Melissodes</i> sp. 1	0	1	2	0	0	0	0	0	3
Euglossini	<i>Eulaema nigrita</i>	0	2	0	0	0	0	1	0	3
Hylaeini	<i>Hylaeus</i> sp. 1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Meliponini	<i>Frieseomelitta doederleini</i>	1	1	0	4	3	0	5	13	27
	<i>Melipona asilvai</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	<i>Melipona mandacaia</i>	0	9	0	0	0	0	0	1	10
	<i>Partamona cupira</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	<i>Plebeia flavocincta</i>	1	1	0	2	2	0	3	0	9
	<i>Scaptotrigona</i> sp. 1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Trigona</i> aff. <i>fuscipennis</i>	76	7	2	2	14	0	69	6	176
	<i>Trigona spinipes</i>	0	6	4	0	0	0	0	0	10
	<i>Trigonisca</i> sp. 1	0	0	0	1	0	0	5	0	6
Tapinotaspidi ni	<i>Caenonomada unicalcarata</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Caenonomada</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1

			sp. 1									
			Tapinotapsidini	0	0	1	0	0	0	0	0	1
			sp. 1									
Xylocopini			<i>Xylocopa</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	2
			<i>grisescens</i>									
Colletidae	Incertae sedis	<i>Colletidae</i> sp. 1	0	0	12	0	0	0	0	0	0	12
			<i>Colletidae</i> sp. 2	0	1	0	0	0	0	0	0	1
			<i>Colletidae</i> sp. 3	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Halictidae	Augochlorini	<i>Augochlorini</i> sp. 1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	4
			<i>Augochlorini</i> sp. 2	0	0	1	0	0	0	0	0	1
			<i>Augochlorini</i> sp. 3	0	4	0	0	0	0	0	0	4
			<i>Augochlorini</i> sp. 4	0	3	0	0	0	0	0	0	3
			<i>Augochlorini</i> sp. 5	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Halictini			Halictini sp. 1	1	0	2	0	0	0	0	0	2
			<i>Lasioglossum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
			sp. 1									
Megachilidae	Megachilini	<i>Megachile</i> sp. 1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
			<i>Megachile</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	1	0	1
			<i>Megachile</i> sp. 3	0	1	2	0	0	0	0	0	3
			Morfotipo 1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Riqueza (S)				8	21	21	6	5	3	7	4	
Abundância				93	126	82	11	34	5	105	30	
(N)												

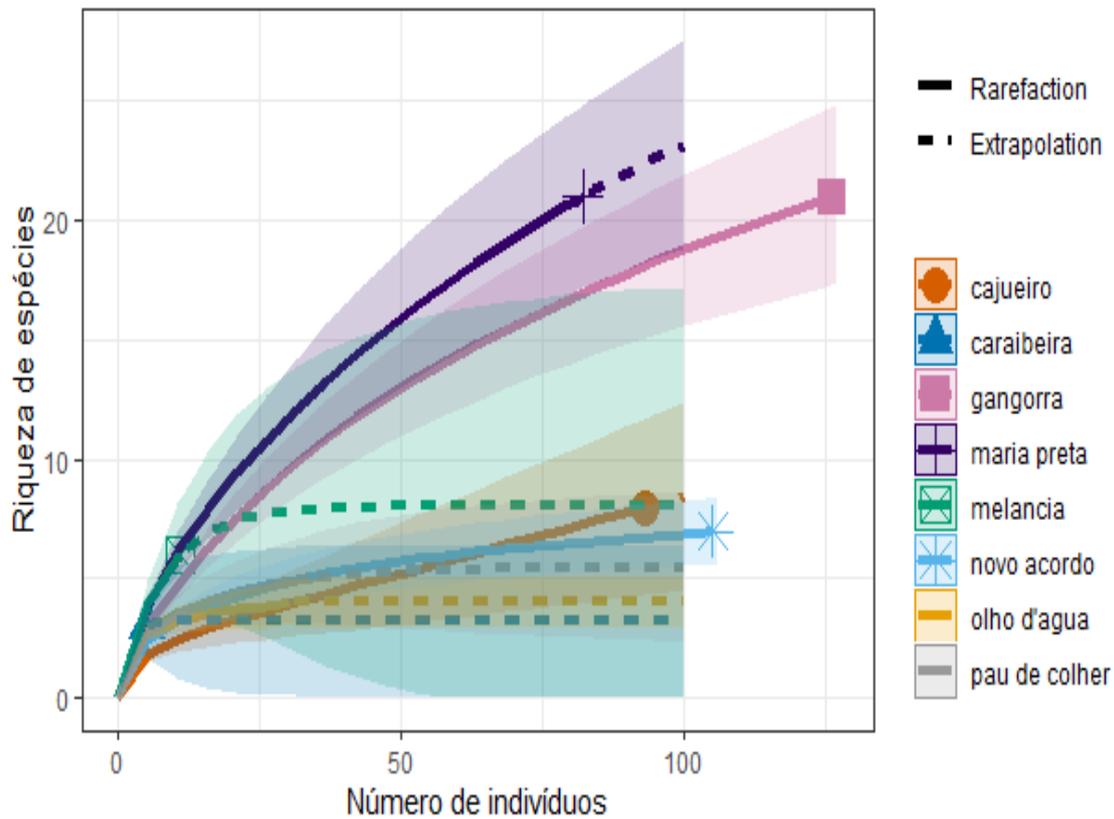


Figura 4 – Gráfico de rarefação mostrando a variação da riqueza de espécies de abelhas nativas nas Unidades Amostrais das Unidades de Conservação da Ararinha Azul. Áreas com controle de *Apis mellifera* (CJ, G, MP, M e PC) e três áreas sem nenhum tipo de controle (CB, NA e OD).

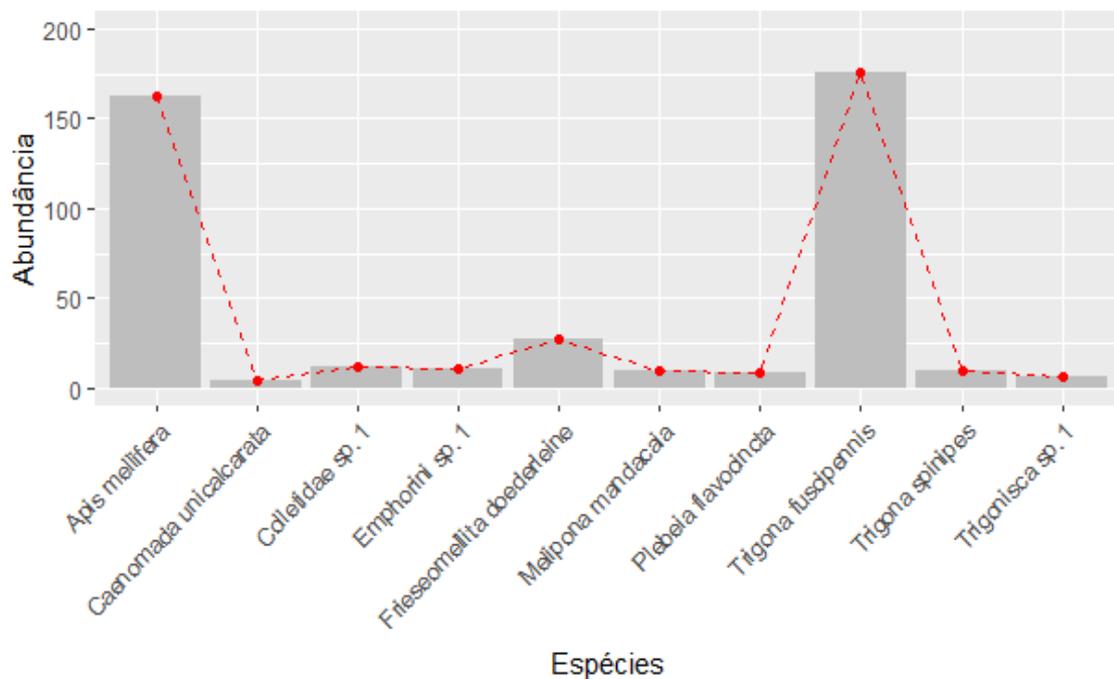


Figura 5 – Gráfico de distribuição das dez espécies mais abundantes para as oito Unidades Amostrais, nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul.

A média do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foi 40 % maior para as áreas com controle (1,51) em relação às sem controle (1,09), contudo, o índice de equitabilidade (J) mostrou que as áreas sem controle estão mais equilibradas (0,78) em comparação às controladas (0,66) (Tab. 3). O índice de similaridade de *Jaccard* mostrou uma proporção de apenas 0,19 ou 19% entre as áreas.

Tabela 3 – Resultado da Diversidade de *Shannon* (H') e Equitabilidade de *Pielou* (J) para cada Unidade Amostral com e sem controle nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul.

Unidade Amostral		H'	J	Abundância total	Riqueza total
Com Controle	Cajueiro	0,70	0,34	93	8
	Gangorra	1,75	0,57	126	21
	Maria Preta	2,25	0,74	82	21
	Melancia	1,64	0,91	11	6
	Pau de Colher	1,21	0,75	34	5
Sem Controle	Caraibeira	1,05	0,96	5	3
	Novo Acordo	1,07	0,55	105	7
	Olho D'água	1,16	0,83	30	4

A maior parte das áreas foram amostradas durante a estação seca (maio, junho, julho e agosto), então, a partir dos dados pluviométricos mensais e riqueza de espécies coletadas para cada Unidade Amostral, obtivemos através da correlação de Pearson (R) = 0,56, indicando uma correlação positiva moderada, onde geralmente nos meses com mais precipitação houve maior diversidade de espécies para aquela UA.

Discussão

Entre as famílias amostradas neste estudo, Apidae foi a melhor amostrada tanto em abundância, quanto em número de espécies tendo como mais representativa a tribo

Meliponini e as espécies *Trigona aff. fuscipennis*, *Apis mellifera* e *Frieseomelitta doederleini*, sendo a família mais representativa do domínio da Caatinga [46, 47].

As áreas submetidas ao manejo possuem uma diversidade de espécies maior em comparação às sem controle, apresentando um maior número de espécies e maior abundância de indivíduos, indicando a presença de colônias maiores nas áreas onde ocorreu o manejo. Apesar do controle realizado, *A. mellifera* ainda foi uma das espécies mais abundantes em quase todas as UAs, inclusive as manejadas, pois esta possui capacidade de se propagar com êxito e rapidez [18, 16]. A redução da competição com a espécie invasora torna possível a coexistência entre um número maior de espécies de abelhas nativas dada a liberação de recursos alimentares.

Contudo, a equitabilidade mostra que as UAs não controladas possuem distribuição da abundância de espécies mais equilibradas do que as UAs controladas, onde há uma divisão menos homogênea. Isso pode indicar que esteja havendo uma substituição da espécie dominante nas áreas com controle como resultado da redução da competição direta com a *A. mellifera*.

Foi constatado na UA de Cajueiro, onde foi utilizado permetrina, que houve um maior número de indivíduos coletados da espécie *Trigona aff. fuscipennis* e *Apis mellifera*, na Gangorra onde foi utilizado fipronil houve o inverso *A. mellifera* foi a predominante em relação a *T. aff. fuscipennis*. Já para Maria Preta, onde o tratamento foi uma associação de CO₂ e fipronil, ocorreu o mesmo, *A. mellifera* apresentou dominância e *Colletidae sp.* veio em seguida. Na UA Melancia, onde também foi utilizada a permetrina, *Frieseomelitta doederleini* se antepõe, e em Pau de Colher, onde houve aplicação de CO₂, *T. aff. fuscipennis* e *A. mellifera* foram as mais representativas. Portanto, *A. mellifera* e *T. aff. fuscipennis* foram as duas espécies mais abundantes nas áreas com controle, tendo 42,1% e 31,4%, respectivamente.

Conforme a literatura demonstra, as abelhas africanizadas são generalistas, possuem alta capacidade de propagação no ambiente, uma grande quantidade de operárias por ninho e dispõem de uma alta eficiência na comunicação entre si [43], explicando essa expressiva abundância. E como foi apontado por França [44] *T. aff. fuscipennis* é uma espécie com capacidade de adaptação em diferentes ambientes, tendo sido observada uma grande abundância dessa espécie em uma área urbanizada do Ceará [45]. Essa espécie esteve presente na maior parte das unidades amostrais do presente estudo.

O índice de similaridade de *Jaccard* mostra a proporção de espécies compartilhadas entre as oito UAs em relação ao total de espécies presentes. A baixa similaridade entre as áreas com controle e as áreas sem controle (19%) indica alta dissimilaridade (81%) de espécies entre estas. Apenas oito espécies (*A. mellifera*, *Centris aenea*, *Eulaema nigrita*, *F. doederleini*, *Melipona mandacaia*, *Plebeia flavocincta*, *T. fuscipennis* e *Trigonisca* sp. 1) foram compartilhadas entre as duas áreas.

A maior parte das áreas foram amostradas durante a estação seca (maio, junho, julho e agosto), então, a partir dos dados pluviométricos mensais e riqueza de espécies coletadas para cada Unidade Amostral, obtivemos através da correlação de Pearson (R) = 0,56, indicando uma correlação positiva moderada, onde geralmente nos meses com mais precipitação houve maior diversidade de espécies para aquela UA.

Com base nas considerações de Oliveira [28] foi possível verificar que os tratamentos com fipronil e permetrina foram mais eficientes para remoção das abelhas africanizadas logo após sua primeira aplicação. Mas de acordo com França [44] em algumas situações específicas, quando o oco também é ocupado por abelhas nativas sem ferrão, é utilizada uma descarga de CO₂ para que não sobre resíduos de inseticida na área.

Conclusão

Com base nos dados obtidos, foi observado que, embora o controle da *A. mellifera* possa favorecer o aumento da diversidade das espécies, também pode incentivar a dominância de algumas espécies em detrimento de outras, reduzindo a uniformidade nas abundâncias relativas.

A família Apidae, em particular a tribo Meliponini e as espécies *A. mellifera* e *T. aff. fuscipennis* apresentaram dominância tanto nas UAs com controle quanto nas não controladas. Nas áreas onde foi utilizado fipronil *A. mellifera* teve destaque, contudo nas áreas em que a permetrina foi aplicada, *T. aff. fuscipennis* se sobressaiu. A abelha africanizada se destaca devido a sua alta capacidade de propagação no ambiente.

A similaridade de *Jaccard* mostrou que embora seja pequeno o número de espécies compartilhadas, as unidades amostradas possuem composições de comunidades

de abelhas bastante diferentes, reforçando a importância do manejo para manter a diversidade local.

A correlação moderada positiva entre a riqueza de espécies e a pluviosidade mensal demonstra que as coletas nos meses com maior precipitação tendem a aumentar a diversidade de abelhas, sendo relevante o papel da condição climática para a composição das populações de abelhas locais.

No entanto, é preciso lembrar que esses resultados se dão com base em cinco áreas controladas em comparação a três sem controle. O fato da abundância e diversidade de espécies serem relativamente maiores para as UAs com controle também pode ter sido afetado devido ao esforço amostral em tais áreas.

Agradecimentos

Agradeço ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento da bolsa no ciclo 2023/2024 e a realização deste trabalho. À comunidade local, proprietários rurais e ao Centro de Manejo de Fauna da Caatinga pelo suporte. Agradeço também aos meus colegas e parceiros de trabalho Igor Ribeiro, Ludwig Nunes e Maria Isabel pela ajuda e incentivo.

O orientador deste trabalho possui autorização para coleta nas Unidades de Conservação da Ararinha Azul no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) sob o número 79010.

Referências

1. Sann M, Mendez R, Nardi F, et al. Phylogenomic analysis of Apoidea sheds new light on the sister group of bees. *BMC Evol Biol.* 2018;18:1-15.
2. Cabral JA, Yamamoto M. RE12 Riqueza de espécies de abelhas na região sul goiano. *Anais Semin Ens Pesq Ext Campus Sudoeste.* 2023;2:92-6.

3. Zanella FCV. The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes): a species list and comparative notes regarding their distribution. *Apidologie*. 2000;31(5):579-92.
4. Velloso AL, Sampaio EVSB, Pareyn FGC. Ecorregiões propostas para o bioma caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste; The Nature Conservancy do Brasil; 2002. p. 76.
5. Moro MF, Silva JMC, Freitas MÁ, et al. A phytogeographical metanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil. *Bot Rev*. 2016;82(2):91-148.
6. Zanella FCV, Martins CF. Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In: Pereira M, editor. *Ecologia e conservação da Caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste; 2003. p. 75-134.
7. Araújo FS de, Rodal MJN, Barbosa MR de V, editors. *Análise das variações da biodiversidade do Bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; 2005. p. 264-80.
8. Silva JMC da, Leal IR, Tabarelli M. *Caatinga - The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2017.
9. Michener CD. *The Bees of the World*. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 2007. 953 p.
10. Salim JA, Lewis OT, Schmidl J, et al. Data standardization of plant–pollinator interactions. *Gigascience*. 2022;11:1-15.
11. Neuschulz EL, Aizen MA, Schaefer HM, et al. A polinização e a dispersão de sementes são os processos de regeneração de plantas mais ameaçados. *Sci Rep*. 2016;6(1):29839.
12. Santos JR, Silva J, Ribeiro J, et al. Polinização por abelhas na Caatinga: uma revisão sistemática. *Rev Bras Biociênc*. 2020;18(1):131-42.
13. Soroye P, Newbold T, Kerr J. Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. *Science*. 2020;367(6481):685-8. doi:10.1126/science.aax8591.

14. Lopes M, Ferreira JB, Santos G. Abelhas sem-ferrão: a biodiversidade invisível. *Agriculturas*. 2005;2(4):15-25.
15. Adair DS, Campos LAO. Manejo e manipulação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Apidae: Meliponinae). *Anais Soc Entomol Brasil*. 1998;27:157-9.
16. Garibaldi LA, Aizen MA, Klein AM, et al. Negative impacts of dominance on bee communities: Does the influence of invasive honey bees differ from native bees? *J Ecol*. 2021;109(4):1256-67.
17. Duenas MA, Collett N, Gollnisch D, et al. The threat of invasive species to IUCN-listed critically endangered species: A systematic review. *Global Ecol Conserv*. 2021;26
18. Moritz RF, Härtel S, Neumann P. Global invasions of the western honeybee (*Apis mellifera*) and the consequences for biodiversity. *Ecoscience*. 2005;12(3):289-301.
19. Herrera CM. Gradual replacement of wild bees by honeybees in flowers of the Mediterranean Basin over the last 50 years. *Proc R Soc B*. 2020;287(1921):20192657.
20. Bonaparte EB, Cockle KL. Nest niche overlap among the endangered Vinaceous-breasted Parrot (*Amazona vinacea*) and sympatric cavity-using birds, mammals, and social insects in the subtropical Atlantic Forest, Argentina. *Condor*. 2017;119(1):58-72.
21. Pacífico EC, Lopes AR, Bianchi MT, et al. Experimental removal of invasive Africanized honey bees increased breeding population size of the endangered Lear's macaw. *Wiley Online Library*. 2020;4141-9.
22. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Dispõe sobre a Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçada de Extinção. *Diário Oficial da União*. 18/12/2014. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_444_2014_lista_esp%C3%A9cies_ame%C3%A7adas_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf
23. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Ararinhas-azuis são reintroduzidas na natureza após vinte anos. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimasnoticias/ararinhas-azuis-sao-reintroduzidas-na-natureza-apos-mais-de-vinte-anos>. Acesso em: 3 set. 2024.

24. Roth PG. Spix-Ara *Cyanopsitta spixii*: was wissen wir heute über diese seltenen Vögel? Bericht über ein 1985-1988 durchgeführtes Projekt. Papageien. 1990;3:86-8.
25. Juniper AT, Yamashita C. The conservation of Spix's Macaw. Oryx. 1990;24(4):224-8.
26. Barros YM, Silva J, Almeida R, et al. Plano de Ação Nacional para a conservação da ararinha-azul. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio); 2012. 140 p.
27. Nascimento AFR. Sobreposição de nicho reprodutivo entre abelhas africanizadas e aves que se reproduzem em ocos no Refúgio de Vida Silvestre e Área de Proteção Ambiental da Ararinha Azul: implicações para o recrutamento de ninhos e conservação de psitacídeos. Relatório Parcial de PIBIC. Juazeiro: ICMBio; 2021.
28. OLIVEIRA, R.N. Eficácia de tratamentos para controle de abelhas africanizadas em áreas de nidificação de psitacídeos no Refúgio de Vida Silvestre da Ararinha Azul. Relatório Parcial de PIBIC. Juazeiro: **ICMBio**, 2022, 2023.
29. Scharf ME, Siegfried BD, Meinke LJ, Chandler LD. Fipronil metabolism, oxidative sulfone formation and toxicity among organophosphate- and carbamate-resistant and susceptible western corn rootworm populations. Pest Manag Sci. 2000;56:757-66.
30. Bonmatin JM, Giorio C, Girolami V, et al. Environmental fate and exposure: neonicotinoids and fipronil. Environ Sci Pollut Res. 2015;22:35-67.
31. Gunasekara AS, Truong T, Goh KS, Spurlock F, Tjeerdema RS. Environmental fate and toxicology of fipronil. J Pestic Sci. 2007;32:189-99.
32. Lourenço CT, Carvalho SM, Malaspina O, Nocelli RCF. Determination of fipronil LD50 for the Brazilian bee *Melipona scutellaris*. Julius Kühn-Institut. 2012;437:174-8.
33. Jacob CRO, Soares HM, Carvalho SM, Nocelli RCF, Malaspina O. Acute toxicity of fipronil to the stingless bee *Scaptotrigona postica* Latreille. Bull Environ Contam Toxicol. 2013;90:69-72.
34. Taylor KS, Waller GD, Crowder LA. Impairment of a classical conditioning response of the honey bee (*Apis mellifera* L.) by sublethal doses of synthetic pyrethroid insecticides. Apidologie. 1987;18:243-52.
35. Ingram EM, Augustin J, Ellis MD, Siegfried BD. Evaluating sub-lethal effects of orchard-applied pyrethroids using video-tracking software to quantify honey bee behaviors. Chemosphere. 2015;135:272-7.
36. Ebadi R, Gari NE, Lorenzen K. Effects of carbon dioxide and low temperature narcosis on honey bees, *Apis mellifera*. Environ Entomol. 1980;9(1):144-8.
37. Brasil. Decreto nº 9.402, de 5 de junho de 2018. Cria o Refúgio de Vida Silvestre da Ararinha Azul e a Área de Proteção Ambiental da Ararinha Azul. Diário Oficial da União. 6 de janeiro de 2018; seção 1:4. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9402.htm. Acesso em: 3 set. 2024.

38. Moro MF. Síntese florística e biogeográfica do domínio fitogeográfico da caatinga = Floristic and biogeographical synthesis for the caatinga phytogeographical domain. 2013. 366 f. Tese de Doutorado (Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo; 2013.
39. Juniper A, Yamashita C. The habitat and status of Spix's Macaw *Cyanopsitta spixii*. *Bird Conserv Int.* 1991;1:1-9.
40. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z.* 2013;22(6):711-28.
41. Ab'Sáber AN. O domínio morfoclimático semiárido das Caatingas brasileiras. *Geomorfologia.* 1974;43:1–39.
42. Souza-Cavalcanti LC, Silva J, Almeida R, et al. Can landscape units map help the conservation of Spix's Macaw (*Cyanopsitta spixii*)? *Raega – O Espaço Geográfico em Análise.* 2020;49:181-98.
43. Imperatriz-Fonseca VL, Garibaldi LA, Klein AM, et al. Polinizadores e polinização - um tema global. Universidade de São Paulo (Edusp); 2012. p. 25-26.
44. França FF. Impacto do controle das abelhas africanizadas sobre as populações de abelhas nativas do Refúgio de Vida Silvestre e na Área de Proteção Ambiental da Ararinha Azul. Relatório Final de PIBIC. Juazeiro: ICMBio; 2023.
45. Pereira JS. Entomofauna de abelhas e seu potencial zootécnico em área urbanizada no litoral cearense. 2022. 94 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza; 2022.
46. Moura DC, Silva EA, Lima AB, et al. Abelhas e espécies melitófilas da mata ciliar do riacho Salgadeira, município de Alcântil, Paraíba. *Rev Verde Agroecol Desenvol Sustent.* 2018;13(3):392-8.
47. Aguiar CML. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil). *Rev Bras Zool.* 2003;20:457-67.