



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO

**INTERAÇÕES ENTRE BEIJA-FLORES (AVES: TROCHILIDAE) E PLANTAS EM
AMBIENTES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA**

MARIANE SOUZA LINS

FEIRA DE SANTANA, BAHIA

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO

**INTERAÇÕES ENTRE BEIJA-FLORES (AVES: TROCHILIDAE) E PLANTAS EM
AMBIENTE FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA**

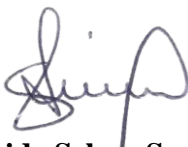
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Estadual de Feira de Santana, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Evolução.

MARIANE SOUZA LINS
ORIENTADOR: DR. CAIO GRACO MACHADO

FEIRA DE SANTANA, BAHIA

2023

BANCA EXAMINADORA



Dra. Gracineide Selma Santos de Almeida
(Universidade do Estado da Bahia / *Campus* Alagoinhas)



Dra. Michaelae de Souza Pessoa
(Universidade Estadual de Feira de Santana)



Dr. Caio Graco Machado
(Universidade Estadual de Feira de Santana)
Orientador e Presidente da Banca

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Lins, Mariane Souza
L759i Interações entre beija-flores (Aves: trochilidae) e plantas em ambientes florestais da Mata Atlântica/ Mariane Souza Lins. – 2023. 76f. : il.

Orientador: Caio Graco Machado
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, 2023.

1. Aves nectarívoras. 2. Fenologia. 3. Recursos florais. 4. Redes de interação. I. Machado, Caio Graco, orient. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU: 598.2

Rejane Maria Rosa Ribeiro CRB-5/695

Creio que a própria vida é o único segredo.

Rosa Luxemburgo

Dedico a todos que fizeram este processo se tornar mais leve e aos beija-flores e plantas da Mata Atlântica pelo seu encanto, a arte e a magia, que me fizeram superar os desafios e sentir todas as sensações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro ao professor Caio Graco pelos saberes compartilhados com dedicação e apreço, pela oportunidade de ter sua orientação e vivenciar o fantástico mundo das aves, em especial dos beija-flores, por não ter desistido de mim, pela confiança e acolhimento, minha gratidão.

" O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001."

À UEFS e aos professores do PPGEcoEvol, Cândida Maria Aguiar, Eddy José Oliveira, Felipe Silva, Jhonathan Oliveira, Priscila Lopes e Maurício Lordêlo, pelos conhecimentos transmitidos que acrescentaram muito em minha formação acadêmica e pessoal, principalmente as professoras Flora Juncá e Michaele Pessoa pela contribuição no projeto de pesquisa, fazendo compreender a importância de um pensamento organizado para a pesquisa fluir com consistência.

Aos professores da UNEB-Campus II, pelo apoio no decorrer do projeto, que sempre me acolheram com carinho, em especial a professora Gracineide Almeida que sempre acreditou em mim e apoio em todas as minhas decisões, a professora Mara Rojane Matos pela parceria e aceitação da proposta de estágio que contribuiu de forma considerável para minha formação e a professora Luciene Lima pela disposição de sempre.

À todos do laboratório (ORNITO), Cristiane Estrêla, Carol, Fernando, Rozivane e Vinícius pelo acolhimento e apoio durante a pesquisa.

À Jeane Passos pelo apoio e contribuição nas etapas finais das análises de dados.

À todos do Herbário (HUNEB), às professoras Alexa Coelho e Nayara Bastos, à Bruna pela contribuição com o material de coleta.

À todos do Herbário (HUEFS), à Teo Nunes, aos Professores Luciano Paganucci, Alessandro Rapini, Flávio França e Lidyanne Aona, a Adelly Fagundes e Gabriel Barros pela identificação do material de pesquisa.

À amiga Jordana Barreto pelo companheirismo, incentivo e pelas palavras de carinho durante todos os momentos.

Aos parceiros e parceiras de campo, primeiramente à, Vagner Viana que contribuiu de maneira relevante para o desenvolvimento do projeto, Valesca, Joelma,

Caíque, Vinícius (ORNITO), Graziela, Marcos, Aline, Éricka, Leidice, Ghyovanna, Joilson, Clevison, Douglas e Jean, aos guardas Valter e Lucas, pelo companheirismo e apoio fazendo este processo mais leve, minha Gratidão.

Aos amigos de turma Ariane, Itana, Camila, Girlene, Lenise, Leonardo e Rafael, a Matheus e Vanaildes pelas palavras de apoio quando precisei e pelo companheirismo fazendo este processo mais leve.

À Rita de Cássia Silva e Ângelo Santos pelo apoio e incentivo.

À Severina pelo acolhimento, incentivo e apoio.

Às amigas e amigos Andréa, Larissa, Maria da graça, Lígia, Josenilda, Ana Flávia, Marlúcia, Paty, Edilma, Lanna Emanuelle, Eliene, Everton, Gilson pelo incentivo e apoio.

À Juscinaldo que chegou nas etapas finais e de alguma forma fez este processo mais leve e pelas palavras de otimismo.

Finalizando, agradeço a paciência da minha mãe Jandira, meu pai Manoelito, minhas irmãs Cristiane e Manuelle, aos meus gatinhos Sandra (in memória) e Pitoco e a Bella, pelas horas de lazer que lhes foram roubadas, minha gratidão pelo apoio de sempre.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABELAS	14
REFERENCIAL TEÓRICO	17
BIBLIOGRAFIA	22
INFORMAÇÕES SOBRE A DISSERTAÇÃO	25
CAPÍTULO Interações entre Beija-flores (Aves: Trochilidae) e plantas em ambientes florestais da Mata Atlântica	26
RESUMO	26
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	30
MATERIAL E MÉTODOS	32
Área de estudo	32
Coleta de dados	36
Análises de dados	38
RESULTADOS	39
DISCUSSÃO	62
CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS	71

RESUMO

Dentre as aves nectarívoras, os beija-flores são os mais especializados na polinização de plantas. A sazonalidade climática, a floração e os diferentes estágios de sucessão da vegetação influenciam na disponibilidade de recursos no tempo e espaço para beija-flores e, conseqüentemente, na estrutura das interações entre os beija-flores e plantas. Nosso objetivo foi investigar a assembleia de beija-flores e suas interações mutualísticas com as plantas que polinizam, sob o efeito da sazonalidade e disponibilidade de recursos, em dois estágios sucessionais da vegetação (avançado - A1 e intermediário - A2 de regeneração) da Mata Atlântica, Alagoinhas, Bahia, Brasil. Este estudo foi realizado, entre outubro de 2021 a novembro de 2022, onde foram registrados beija-flores e plantas, considerando atributos funcionais que influenciam na polinização. A partir dessas informações foram elaboradas redes de interações mutualísticas entre os beija-flores e plantas que polinizam, nos dois estágios sucessionais da vegetação. Foram registrados dez espécies de beija-flores e quinze espécies de Angiospermas que foram visitadas pelos beija-flores, sendo em A1 treze espécies, das quais cinco ornitófilas e em A2 seis espécies, sendo uma ornitófila. *Bowdichia virgilioides* (Kunth) e *Vochysia thyrsoidea* (Klotzsch ex M.R. Schomb.) foram as espécies não ornitófilas mais utilizadas pelos beija-flores nas duas áreas. A família mais representativa em número de espécies sendo visitada foi Bromeliaceae (4 spp). A floração foi anual, com baixa densidade da floração em alguns meses do ano, principalmente em A2; a maioria com período de duração intermediário e intensa intensidade da floração. A rede de interações nos dois estágios sucessionais da vegetação apresentou estrutura de modularidade com baixo aninhamento: em A1, o tamanho da rede foi de 1.280 interações, com riqueza de 23 espécies que compuseram a rede, com 31,5% de conectância e em A2, o tamanho da rede foi de 263 interações, com riqueza de 12 espécies que compuseram a rede, com 41,5% de conectância. Os beija-flores que apresentaram maior grau de interações com as plantas em A1, foram *Chrysolampis mosquitus*, *Eupetomena macroura* e *Phaethornis ruber* e, dentre as plantas com maior grau de visita de beija-flores, *Ananas bracteatus*, *Pyrostegia venusta*, *Odontadenia lutea* e *Hohenbergia stellata*; em A2, *Chrysolampis mosquitus* e *Phaethornis ruber* entre os troquilídeos, e *Vriesea procera*, *Lafoensia*

pacari e *Vochysia lucida*, entre as plantas. A sazonalidade climática, a floração e os estágios sucessionais moldaram a estrutura das redes de interações, permitindo compreender como estas interferências influenciam a relação beija-flor-planta e como estas interações são fundamentais para a manutenção destas assembleias em diferentes estágios sucessionais da vegetação.

Palavras-chave: Aves nectarívoras, Fenologia, Recursos florais, Redes de interação.

ABSTRACT

Among nectarivorous birds, hummingbirds are the most specialized in plant pollination. Climate seasonality, flowering and the different stages of vegetation succession influence the availability of resources in time and space for hummingbirds and, consequently, the structure of interactions between hummingbirds and plants. Our aim was to investigate the assembly of hummingbirds and their mutualistic interactions with the plants they pollinate, under the effect of seasonality and resource availability, in two successional stages of vegetation (advanced - A1 and intermediate - A2 regeneration) of the Atlantic Rainforest, Alagoinhas, Bahia, Brazil. This study was carried out between October 2021 and November 2022, where hummingbirds and plants were recorded, considering functional attributes that influence pollination. Based on this information, networks of mutualistic interactions between hummingbirds and pollinating plants were developed in the two successional stages of the vegetation. We recorded ten species of hummingbirds and fifteen species of angiosperms that were visited by hummingbirds, thirteen species in A1, five of which were ornithophiles, and six species in A2, one of which was ornithophile. *Bowdichia virgilioides* (Kunth) and *Vochysia thyrsoidea* (Klotzsch ex M.R. Schomb.) were the non-ornithophilous species most used by hummingbirds in both areas. The most representative family in terms of number of species visited was Bromeliaceae (4 spp). Flowering was annual, with a low density of flowering in some months of the year, mainly in A2; the majority had an intermediate duration and intense flowering. The network of interactions in the two successional stages of vegetation showed a modular structure with low nesting: in A1, the size of the network was 1,280 interactions, with a richness of 23 species that made up the network, with 31.5% connectivity and in A2, the size of the network was 263 interactions, with a richness of 12 species that made up the network, with 41.5% connectivity. The hummingbirds that had the highest degree of interactions with the plants in A1 were *Chrysolampis mosquitus*, *Eupetomena macroura* and *Phaethornis ruber* and, among the plants with the highest degree of hummingbird visits, *Ananas bracteatus*, *Pyrostegia venusta*, *Odontadenia lutea* and *Hohenbergia stellata*; in A2, *Chrysolampis mosquitus* and *Phaethornis ruber* among the trochilids, and *Vriesea*

procera, *Lafoensia pacari* and *Vochysia lucida* among the plants. Climate seasonality, flowering and successional stages shaped the structure of the interaction networks, allowing us to understand how these interferences influence the hummingbird-plant relationship and how these interactions are fundamental to the maintenance of these assemblages in different successional stages of vegetation.

Keywords: Nectarivorous birds, Phenology, Floral resources, Interaction networks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo indicando os dois estágios de sucessão florestal (avanzado - A1 e intermediário – A2 de regeneração) da Mata Atlântica estudados, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

Figura 2: Aspecto da vegetação nos dois estágios de sucessão florestal. A: Avanzado (A1) e B: Intermediário (A2), no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

Figura 3: Gráfico da precipitação média mensal (mm) e temperatura (°C) de outubro de 2021 a novembro de 2022, em Alagoinhas, Bahia, Brasil. Adaptado do Weather Spark, 2022.

Figura 4: Agrupamento pelo índice de similaridade de Jaccard entre as espécies de beija-flores de acordo com o uso de recursos florais, em A1 estágio avanzado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. *Glaucis hirsutus* (Gh), *Phaethornis ruber* (Pr), *Phaethornis pretrei* (Pp), *Chrysolampis mosquitos* (Cm), *Anthracothorax nigricollis* (An), *Chlorostilbon lucidus* (Cl), *Eupetomena macroura* (Em), *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf), *Chlorestes cyanus* (Cc).

Figura 5: Rede de interações mutualísticas entre beija-flores e plantas, de outubro de 2021 a novembro de 2022, em A1 estágio avanzado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. A largura da linha corresponde ao peso (número) de interações dos beija-flores à cada espécie de planta. *A. bracteatus* (Anana), *B. virgilioides* (Bowdi), *D. procera* (Dicho), *H. psittacorum* (Helic), *H. stellata* (Hohen), *O. lutea* (Odont), *P. dichroos* (Psitt), *P. venusta* (Pyros), *S. diversifolia* (Secur), *S. salzmanniana* (Serja), *S. microphylla* (Stach), *V. lucida* (Vochy) e *W. lingulata* (Wittm). *A. nigricollis* (Anth), *A. cirrochloris* (Apha), *C. fimbriata* (Chio), *C. cyanus* (Chlo), *C. lucidus* (Chlo), *C. mosquitos* (Chry), *E. macroura* (Eupe), *G. hirsutus* (Glau), *P. pretrei* (Phae) e *P. ruber* (Phae).

Figura 6: Agrupamento pelo índice de similaridade de Jaccard entre as espécies de beija-flores de acordo com o uso de recursos florais, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

Chlorestes cyanus (Cc), *Phaethornis ruber* (Pr), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Eupetomena macroura* (Em), *Chionomesa fimbriata* (Cf), *Aphantochroa cirrochloris* (Ac).

Figura 7: Rede de interações mutualísticas entre beija-flores e plantas, de outubro de 2021 a novembro de 2022, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. A largura da linha corresponde ao peso (número) de interações dos beija-flores à cada espécie de planta. *B. virgilioides* (Bowdi), *L. pacari* (Lafoe), *S. salzmanniana* (Serja), *V. lucida* (Vochy), *V. procera* (Vries) e *W. lingulata* (Wittm). *A. cirrochloris* (Apha), *C. fimbriata* (Chio), *C. cyanus* (Chlo), *C. mosquitus* (Chry), *E. macroura* (Eupe) e *P. ruber* (Phae).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espécies de beija-flores registradas entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em dois estágios sucessionais da vegetação (avançado - A1 e intermediário – A2 de regeneração) da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

Padrão Sazonal: RE: residente; NR: não residente; OC: ocasional. **Espécies de beija-flores:** *Glaucis hirsutus* (Gh), *Phaethornis ruber* (Pr), *Phaethornis pretrei* (Pp), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Anthracothorax nigricollis* (An), *Chlorostilbon lucidus* (Cl), *Eupetomena macroura* (Em), *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf) e *Chlorestes cyanus* (Cc). RE: Riqueza de espécie.

Tabela 2: Matriz de interações agonísticas entre as espécies de beija-flores de outubro de 2021 e novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. Somatório dos eixos horizontal (número de vezes em que a espécie dominou) e vertical (número de vezes em que a espécie foi subordinada) de cada espécie, onde $\Sigma 1$ = somatória das interações interespecíficas e $\Sigma 2$ = somatória total. Os valores em negrito correspondem às interações intraespecíficas. *Glaucis hirsutus* (Gh), *Phaethornis ruber* (Pr), *Phaethornis pretrei* (Pp), *Chrysolampis mosquitus* macho (Cm^m), *Chrysolampis mosquitus* fêmea (Cm^f), *Anthracothorax nigricollis* (An), *Chlorostilbon lucidus* (Cl), *Eupetomena macroura* (Em) *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf) e *Chlorestes cyanus* (Cc).

Tabela 3: Espécies de plantas visitadas por beija-flores entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em dois estágios sucessionais da vegetação (avançado - A1 e intermediário – A2 de regeneração) da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. **TF:** tipo de flor: cm – campânula, cp- capítulo, es – estandarte, tb – tubular; **Cor:** cor da flor: am - amarela, az- azul, br – branca, lr – laranja, li – lilás, rs – rosa, rx – roxo, vi- violeta, vm - vermelho; **Ponte:** ar – arbóreo, ab- arbustivo, he – herbáceo, ep - epífita, li – liana; **SP:** síndrome de polinização: or – ornitofilia, en – entomofilia, qi - quiropterofilia **CT:** comprimento do tubo (Média ± Desvio Padrão); **CN:** concentração de néctar (Média ± Desvio Padrão); **Beija-flor visitante (A1):** Gh - *Glaucis hirsutus*, Pr: *Phaethornis ruber*, Pp: *Phaethornis pretrei*, Cm - *Chrysolampis mosquitus*, An - *Anthracothorax nigricollis*, Cl - *Chlorostilbon lucidus* Em - *Eupetomena*

macroura, Ac - *Aphantochroa cirrochloris*, Cf - *Chionomesa fimbriata* e Cc – *Chlorestes cyanus*. **Beija-flor visitante (A2):** Pr: *Phaethornis ruber*, Cm - *Chrysolampis mosquitus*, Em - *Eupetomena macroura*, Ac - *Aphantochroa cirrochloris*, Cf - *Chionomesa fimbriata*, Cc – *Chlorestes cyanus*; **N:** número de amostras. (-): sem registro.

Tabela 4: Períodos de floração das espécies de plantas visitadas por beija-flores de outubro de 2021 a novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

Tabela 5: Períodos de floração das espécies de plantas visitadas por beija-flores de outubro de 2021 a novembro de 2022, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

Tabela 6: Densidade de indivíduos floridos das espécies de plantas visitadas por beija-flores entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. Os valores correspondem à densidade das plantas floridas (indivíduos / m².10⁻⁴) dentro de cada área amostral de 2000 m². (-): sem registro de indivíduos floridos.

Tabela 7: Densidade de indivíduos floridos das espécies de plantas visitadas por beija-flores entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. Os valores correspondem à densidade das plantas floridas (indivíduos / m².10⁻⁴) dentro de cada área amostral de 2000 m². (-): sem registro de indivíduos floridos.

Tabela 8: Espécies de plantas e os beija-flores que visitam suas flores entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. IM: Número de indivíduos monitorados, HO: Número total de horas de observação focal, TV: Número total de sessões de visitas dos beija-flores, FV: Frequência toda de visitas (sessões de visitas por indivíduo/hora de observação). Frequência relativa (%): *Glaucis hirsutus* (Gh), *Phaethornis ruber* (Pr), *Phaethornis pretrei* (Pp), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Anthracothorax nigricollis* (An), *Chlorostilbon lucidus* (Cl), *Eupetomena macroura* (Em) *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf) e *Chlorestes cyanus* (Cc). PF: Padrão de floração: Sub-anual (Sb), anual (An), supra-anual (Sp) DF: Duração

da floração: Breve (Bv), contínuo (Co), intermediário (In), longo (Lo). IF: Intensidade de floração: 1-1% a 25%; 2-26% a 50%; 3: 51% a 75%; 4: 76% a 100%.

Tabela 9: Espécies de plantas e os beija-flores que visitam suas flores entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. IM: Número de indivíduos monitorados, HO: Número total de horas de observação focal, TV: Número total de sessões de visitas dos beija-flores, FV: Frequência toda de visitas (sessões de visitas por indivíduo/hora de observação). Frequência relativa (%): *Phaethornis ruber* (Pr), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Eupetomena macroura* (Em) *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf) e *Chlorestes cyanus* (Cc). PF: Padrão de floração: Sub-anual (Sb), anual (An), supra-anual (Sp) DF: Duração da floração: Breve (Bv), contínuo (Co), intermediário (In), longo (Lo). IF: Intensidade de floração: 1-1% a 25%; 2-26% a 50%; 3: 51% a 75%; 4: 76% a 100%.

REFERENCIAL TEÓRICO

Interações mutualísticas entre aves e plantas – Polinização

Como a grande maioria das plantas dos trópicos precisam da ajuda de animais para a polinização e a dispersão de sementes (Bawa 1990), esses mutualismos são essenciais e pode-se dizer que as interações mutualistas são responsáveis por importantes processos ecológicos e serviços ambientais, sendo que as plantas também são 'prestadoras de serviços', já que produzem alimento para os animais (Mello 2010). A eliminação de polinizadores ou dispersores de sementes provocaria a eliminação de grande parte da biodiversidade terrestre (Bascompte & Jordano 2006).

As interações planta-polinizador exercem um papel fundamental no sucesso reprodutivo das plantas, na sobrevivência dos animais e no funcionamento dos ecossistemas terrestres (Cortés-Flores *et al.* 2023). Estas interações proporcionam mutualismos que criam redes complexas de espécies cuja as relações impõem pressões seletivas recíprocas umas sobre as outras à medida que interagem ao longo do tempo ecológico e evolutivo (Rodríguez-Flores *et al.* 2019).

No entanto, este mutualismo encontra-se severamente afetado por diversos fatores antrópicos, principalmente a perda e degradação de habitats naturais, que alteram drasticamente a composição e estrutura das comunidades biológicas, impactando negativamente a disponibilidade de recursos florais e a abundância e comportamento dos animais que visitam as flores (Cortés-Flores *et al.* 2023).

A importância das aves como polinizadores

A região Neotropical apresenta a maior diversidade de aves que utilizam néctar como recurso alimentar (Stiles 1981). Dentre as quais estão os beija-flores (Aves: Trochilidae), que podem polinizar até 15% das plantas em determinadas comunidades (Feinsinger 1983). Os beija-flores têm um papel importante na polinização de muitas plantas, especialmente das bromeliáceas, plantas exclusivas do continente americano e cuja evolução talvez se tenha processado paralelamente à dos beija-flores (Sick 1997).

A família Trochilidae é restrita às Américas (Sick 1997). No Brasil e no Equador encontra-se a maior biodiversidade da família; o Equador contém cerca de metade das espécies conhecidas de beija-flores (Sick 1997). No Brasil são conhecidas 89 espécies de beija-flores, distribuídas em 35 gêneros (Pacheco *et al.* 2021), das quais 43 habitam na Mata Atlântica e 16 são endêmicas deste bioma (Piacentini & Ribenboim 2017). Conforme a classificação do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) (Pacheco *et al.* 2021), a família Trochilidae divide-se em cinco subfamílias: Phaethornithinae, Florisuginae, Polytminae, Lesbiinae e Trochilinae.

Estas subfamílias podem apresentar diferenças morfológicas e diferenças quanto ao comportamento de forrageio (Feinsinger & Colwell 1978). As estratégias de forrageamento apresentadas por beija-flores em uma comunidade são categorizadas em: “*trapliner*” de alta recompensa são realizadas pelos beija-flores que apresentam maior tamanho corporal, possuem bico longo e curvado, alto requerimento energético, forrageia em rotas de captura, visitando flores isoladas em intervalos de tempo espaçados; “*trapliner*” de baixa recompensa - são realizadas pelos beija-flores que possuem tamanho corporal menor, tem bico curto e menor requerimento energético; territorialista – são realizadas pelos beija-flores que apresentam defesa de territórios através de interações agonísticas; parasita de território – são realizadas pelos beija-flores que possuem tamanho corpóreo maior e bicos longos, que ignoram as tentativas das espécies territoriais em deslocá-los da área ou espécies de tamanho corpóreo menor e bicos curtos, que utilizam áreas pouco exploradas pelos donos de território e generalista – realizadas pelos beija-flores de tamanho e comprimento de bico médio que forrageiam em flores pouco especializadas (Feinsinger & Colwell. 1978). Estas estratégias podem variar de acordo com a disponibilidade de recursos na área e a posição de dominância em que a espécie ocupa na assembleia (Feinsinger & Colwell 1978).

Estudos que investigaram a organização ecológica de comunidade de beija-flores em diferentes ambientes observaram que poucas espécies podem ser consideradas residentes (Machado & Semir 2006; Machado *et al.* 2007; Machado 2009, 2014). Este padrão de ocorrência pode estar relacionado a disponibilidade de recursos oferecidos aos beija-flores ao longo do ano, que passam a explorar outras áreas para manter suas populações (Machado 2009).

Estudos fenológicos reprodutivos e sua relação com polinizadores

Fenologia é o estudo de eventos biológicos recorrentes ao longo do tempo, cuja escala pode ocorrer variações em termos taxonômicos e ecológicos, partindo de flores e passando por indivíduos (plantas), populações, comunidades, paisagens e variações climáticas ou aspectos filogenéticos (Machado & Rocca 2010).

Os estudos fenológicos são relevantes em pesquisas com interação planta-animal, pois proporcionam importante ferramenta para o entendimento da reprodução das plantas e da organização temporal dos recursos disponíveis no ambiente aos animais associados (Talora & Morellato 2000). A fenologia da floração com produção de botões e anteses compreende uma das fases mais importantes, onde ocorre a fecundação das plantas, episódio reprodutivo importante de um ciclo fenológico (Newstrom *et al.* 1994).

O padrão fenológico de floração das espécies vegetais pode ser classificado em contínuo (produção de flores mensais com pausas esporádicas), subanual (ciclos irregulares com várias produção de flores ao longo do ano), anual (apenas um ciclo principal durante o ano, supra-anual (produção de flores em ciclos de mais de um ano). Em relação à duração, a floração das plantas pode ser classificada como breve (floração de até um mês), intermediária (de um a cinco meses) e longa (mais que cinco meses) (Newstrom *et al.* 1994; Machado & Rocca 2010).

As espécies de plantas cujas flores são visitadas por beija-flores podem ser categorizadas como ornitófilas ou não ornitófilas, de acordo com seus atributos florais. A síndrome de ornitofilia ocorre quando há uma pressão de seleção das aves sobre as flores que dependem de sua polinização resultando em um conjunto único de características fenotípicas florais, sendo estas mais atrativas às aves e excludente a outros tipos de visitantes inesperados (Machado & Rocca 2010).

Ornitófilas são aquelas que produzem flores (ou anexos florais) de coloração conspícua (vermelha e laranja), uma vez que as aves apresentam uma visão desenvolvida e são atraídas por diferentes padrões de coloração; inodoras, uma vez que aves não possuem o olfato desenvolvido, têm antese diurna e suas partes férteis são expostas e afastadas dos nectários; ainda, produzem grandes volumes de néctar

com baixa concentração de açúcares em torno de 20 a 30% (Faegri & Pijl 1972; Machado & Rocca 2010). Dentre as espécies ornitófilas há as categorizadas como troquilófilas, mais especializadas aos beija-flores, sendo tubulosas e tendo posição horizontal ou pendente na planta, o que restringe seu acesso apenas aos troquilídeos, que possuem bicos longos e finos e capacidade do voo adejado (Machado & Rocca 2010).

Beija-flores também exploram flores não ornitófilas. Isso pode estar relacionado à restrição ao acesso às ornitófilas impostas por beija-flores territoriais, levando beija-flores de menor habilidade competitiva a adotar um padrão de forrageamento mais generalista, além do aproveitamento de recurso disponível, uma vez que, flores não-ornitófilas podem ser abundantes em uma área e fornecer néctar com valor energético similar ao de espécies polinizadas pelos beija-flores (Arizmendi & Ornelas 1990).

Disponibilidade de recursos em diferentes estágios sucessionais de floresta

O termo sucessão designa que as comunidades são dinâmicas e não-estáveis no tempo, uma vez que a sucessão é definida como uma modificação direcional na composição florística e na fisionomia de um ambiente onde o clima permanece contínuo, através do tempo, tratando-se de um processo de substituição natural de uma comunidade por outra, em sentido de uma menor ou maior complexidade (Sandeville 2009).

Deste modo, à medida que a sucessão avança, a disponibilidade de recursos oferecidos as espécies visitantes aumentam e se modificam, com isso as redes de visitantes de plantas aumentam em tamanho e número de interações à medida que a diversidade de plantas aumenta (Cortés-Flores *et al.* 2023). Interações mais especializadas planta-polinizador são esperadas em estágios sucessionais mais avançados devido à maior diferenciação de nicho nas comunidades sucessionais tardias do que nas iniciais (Parrish & Bazzaz 1979).

Variações na estrutura filogenética das comunidades vegetais ao longo da sucessão ecológica também poderiam levar a mudanças nos padrões de interação; neste sentido quando as comunidades são reunidas por espécies intimamente ligadas entre si, podem ser esperados traços florais semelhantes e grupos de visitantes florais

semelhantes, em contraste com comunidades mais filogeneticamente diversas em estágios sucessionais posteriores (Cortés-Flores *et al.* 2023).

Redes de Interação

A teoria de grafos criada pelo matemático Leonhard Euler, em 1735, sucedeu a origem da teoria de redes. Um grafo é uma entidade abstrata, uma figura matemática composta por vértices (nós) ligados por linhas arestas (conexões) e as redes são grafos aos quais adicionamos informações sobre a natureza dos pontos e das conexões, é uma entidade real, traz informação de um sistema do mundo real (Mello 2010). As redes tornaram-se populares em 1950 e a partir dos anos 90 passaram a ser usadas por várias áreas da Ciência, o que proporcionou o surgimento da Ciência das Redes, que é a união da teoria de grafos com a teoria de redes (Mello 2010).

A Ciência das Redes aplicada à Ecologia é um conceito antigo Al-Jahiz (776-868), Charles Darwin (1859) e Camerano (1880), já consideravam esta abordagem em seus estudos, porém ficou sem ser explorada por várias décadas. Al-Jahiz (776-868), escreveu sobre teias tróficas e na sua obra “O livro dos animais” apresenta conceitos de como as espécies se relacionam com o meio, antecipando pensamentos sobre a seleção natural. Darwin (1859), descreveu a complexa rede de organismos que interagem entre si como sendo um “*tangled bank*”, um banco emaranhado que segue “leis que determinam suas associações”. Camerano (1880), usou a teoria de grafos em seus estudos para representar as relações entre predadores e presas em lagos. A abordagem de redes é utilizada em ecologia pelo menos desde a década de 1940, porém o foco no mutualismo surge a partir da década de 1980, com os estudos dos biólogos espanhóis Pedro Jordano e Jordi Bascompte em seus estudos junto com colaboradores descobriram que nas redes mutualísticas, assim como em outros tipos de redes complexas, a maioria das espécies tem poucas interações, mas algumas poucas espécies revelam altíssimo número de interações, independentemente do tamanho da rede (Mello 2010).

A abordagem em redes tem sido útil para investigar a estrutura e fragilidade das interações ecológicas, estudos comparativos da estrutura da rede ajudam a descobrir padrões de especialização ecológica em nível comunitário, em diferentes

tipos de interações interespecíficas (Jordano *et al.* 2003; Guimarães & Guimarães 2006). Dentro deste contexto de como as espécies se relacionam entre si, também é possível classificar como espécies-chaves, algumas espécies de acordo com o papel que desempenham dentro de um sistema; e estas devem ser de especial preocupação para os órgãos ambientais e formuladores de políticas, uma vez que as paisagens naturais estão dinamicamente interligadas (Paine 1995). Uma visão das espécies-chave é que sua importância deriva de uma influência dinâmica exercida em qualquer nível trófico, muitas vezes produzindo uma cascata de efeitos, muitos dos quais são indiretos (Paine 1995).

BIBLIOGRAFIA

- Arizmendi, Ma. del C. & Ornelas, J. F. 1990. Hummingbirds and Their Floral Resources in a Tropical Dry Forest in Mexico. *Biotropica*, 22(2): 172–180.
- Bascompte, J. & Jordano. P. 2006. The Structure of Plant-Animal Mutualistic Networks. *Mutualistic Networks*: 143–59.
- Bawa, K. S. (1990). Plant-Pollinator Interactions in Tropical Rain Forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21, 399–422.
- Camerano, L. 1880. Dell'equilibrio dei viventi merce la reciproca distruzione. *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino* 15: 393–414.
- Cortéz-Flores, J., Mikel, M. L, Hernández H. S., Rodríguez S.M, E. Pérez, J. C, María J. Aguilar, M. J. A., Olvera, F. J. B., Carrillo, O. D., Sayago, R., Fuchs, E. J., Montoya, G. S., Quesada, M. 2023. Efeitos sucessionais e fenológicos nas redes de interação planta-floral do visitante de uma floresta tropical seca. *Journal of Ecology*, 111, 4, 927-942.
- Darwin, C. 1859. On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life. New York, *D. Appleton and Company*, 466.
- Faegri, K. & Pijl, V. de L. 1980. The Principles of Pollination Ecology. New York, *Pergamon Press*, 428.
- Feinsinger, P. & Colwell, R. K. 1978. Community organization among neotropical nectar- feeding birds. *Integrative and Comparative Biology* 18(4): 779–95.

- Feinsinger, P. 1983. Coevolución y polinización. *Coevolution*: 282–310.
- Guimarães, P. R. & Guimarães. P. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software* 21(10): 1512–13.
- Jordano, P., Bascompte, J. & Olesen. J. M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters* 6(1): 69–81.
- Machado, C. G. 2009. Beija-flores (aves: Trochilidae) e seus recursos florais em uma área de caatinga da chapada diamantina, Bahia, Brasil. *Zoologia* 26(2): 255–65.
- . 2014. A comunidade de beija-flores e as plantas que visitam em uma área de cerrado ralo da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Bioscience Journal* 30(5): 1578–87.
- Machado, C. G., Coelho, A. G., Santana, C. S. & Rodrigues. M. 2007. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, Bahia. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15(2): 267–79.
- Machado, C. G. & Rocca. M. A. 2010. Protocolos para o estudo de polinização por aves. *Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*: 1–17.
- Machado, C. G. & Semir. J. 2006. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* 29(1): 163–74.
- Mello, M. A. R. 2010. Redes mutualistas: pequenos mundos de interações entre animais e plantas. *Ciência Hoje* 47(277): 32–37.
- Newstrom, G. W. Baker, H.G. & Frankie, L. E. 1994. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141.
- Pacheco, J. F., Silveira, L. F., Aleixo, A., Agne, C. E., Bencke, G. A., Bravo, G. A., Brito, G. R. R., Cohn-Haft, M., Maurício, G. N., Naka, L. N., Olmos, F., Posso, S., Lees, A. C., Figueiredo, L. F. A., Carrano, E., Guedes, R. C., Cesari, E., Franz, I., Schunck, F., V. Q. 2021. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee - second edition. *Ornithol. Res.* 29: 94–105.
- Paine, R. T. 1995. A Conversation on Refining the Concept of Keystone Species.

- Conservation Biology* 9(4): 962–64.
- Parrish, J. A. D., & F. A. Bazzaz. Difference in Pollination Niche Relationships in Early and Late Successional Plant Communities. *Ecology* 60, no. 3 (1979): 597–610.
- Piacentini, V. & Ribenboim L. 2017. Beija-flores do Brasil. *Aves e Fotos* (1).
- Rodríguez-Flores C. I., Ornelas J. F., Wethington S., Arizmendi MdC. 2019. Are hummingbirds generalists or specialists? Using network analysis to explore the mechanisms influencing their interaction with nectar resources. *PLoS ONE* 14(2): e0211855.
- Sandeville, E. 2010. A Dinâmica Natural das Florestas. *Paisagem e Ambiente*, (27), 53-70.
- Stiles, F. G. (1981). Geographical Aspects of Bird-Flower Coevolution, with Particular Reference to Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 68(2): 323–351.
- Sick, H. 1997. Ornitologia Brasileira. *Nova Fronteira*. (3).
- Talora, D. C. & Morellato, P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23(1).

INFORMAÇÕES SOBRE A DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi elaborada em capítulo único;

INTERAÇÕES ENTRE BEIJA-FLORES (AVES: TROCHILIDAE) E PLANTAS EM AMBIENTES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA

Mariane Souza Lins

(Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS)

Caio Graco Machado

(Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS)

RESUMO

Dentre as aves nectarívoras, os beija-flores são os mais especializados na polinização de plantas. A sazonalidade climática, a floração e os diferentes estágios de sucessão da vegetação influenciam na disponibilidade de recursos no tempo e espaço para beija-flores e, conseqüentemente, na estrutura das interações entre os beija-flores e plantas. Nosso objetivo foi investigar a assembleia de beija-flores e suas interações mutualísticas com as plantas que polinizam, sob o efeito da sazonalidade e disponibilidade de recursos, em dois estágios sucessionais da vegetação (avançado - A1 e intermediário - A2) de regeneração da Mata Atlântica, Alagoinhas, Bahia, Brasil. Este estudo foi realizado, entre outubro de 2021 a novembro de 2022, onde foram registrados beija-flores e plantas, considerando atributos funcionais que influenciam na polinização. A partir dessas informações foram elaboradas redes de interações mutualísticas entre os beija-flores e plantas que polinizam, nos dois estágios sucessionais da vegetação. Foram registrados dez espécies de beija-flores e quinze espécies de Angiospermas que foram visitadas pelos beija-flores, sendo em A1 treze espécies, das quais cinco ornitófilas e em A2 seis espécies, sendo uma ornitófila. *Bowdichia virgilioides* (Kunth) e *Vochysia thyrsoidea* (Klotzsch ex M.R.Schomb.) foram as espécies não ornitófilas mais utilizadas pelos beija-flores nas duas áreas. A família mais representativa em número de espécies sendo visitada foi Bromeliaceae (4 spp). A floração foi anual, com baixa densidade da floração em alguns meses do ano, principalmente em A2; a maioria com período de duração intermediário e intensa intensidade da floração. A rede de interações nos dois estágios sucessionais da vegetação apresentou estrutura de modularidade com baixo aninhamento: em A1, o

tamanho da rede foi de 1.280 interações, com riqueza de 23 espécies que compuseram a rede, com 31,5% de conectância e em A2, o tamanho da rede foi de 263 interações, com riqueza de 12 espécies que compuseram a rede, com 41,5% de conectância. Os beija-flores que apresentaram maior grau de interações com as plantas em A1, foram *Chrysolampis mosquitus*, *Eupetomena macroura* e *Phaethornis ruber* e, dentre as plantas com maior grau de visita de beija-flores, *Ananas bracteatus*, *Pyrostegia venusta*, *Odontadenia lutea* e *Hohenbergia stellata*; em A2, *Chrysolampis mosquitus* e *Phaethornis ruber* entre os troquilídeos, e *Vriesea procera*, *Lafoensia pacari* e *Vochysia lucida*, entre as plantas. A sazonalidade climática, a floração e os estágios sucessionais moldaram a estrutura das redes de interações, permitindo compreender como estas interferências influenciam a relação beija-flor-planta e como estas interações são fundamentais para a manutenção destas assembleias em diferentes estágios sucessionais da vegetação.

Palavras-chave: Aves nectarívoras, Fenologia, Recursos florais, Redes de interação.

ABSTRACT

Among nectarivorous birds, hummingbirds are the most specialized in plant pollination. Climate seasonality, flowering and the different stages of vegetation succession influence the availability of resources in time and space for hummingbirds and, consequently, the structure of interactions between hummingbirds and plants. Our aim was to investigate the assembly of hummingbirds and their mutualistic interactions with the plants they pollinate, under the effect of seasonality and resource availability, in two successional stages of vegetation (advanced - A1 and intermediate - A2 regeneration) of the Atlantic Rainforest, Alagoinhas, Bahia, Brazil. This study was carried out between October 2021 and November 2022, where hummingbirds and plants were recorded, considering functional attributes that influence pollination. Based on this information, networks of mutualistic interactions between hummingbirds and pollinating plants were developed in the two successional stages of the vegetation. We recorded ten species of hummingbirds and fifteen species of angiosperms that were visited by hummingbirds, thirteen species in A1, five of which were ornithophiles, and six species in A2, one of which was ornithophile. *Bowdichia virgilioides* (Kunth) and *Vochysia thyrsoidea* (Klotzsch ex M.R. Schomb.) were the non-ornithophilous species most used by hummingbirds in both areas. The most representative family in terms of number of species visited was Bromeliaceae (4 spp). Flowering was annual, with a low density of flowering in some months of the year, mainly in A2; the majority had an intermediate duration and intense flowering. The network of interactions in the two successional stages of vegetation showed a modular structure with low nesting: in A1, the size of the network was 1,280 interactions, with a richness of 23 species that made up the network, with 31.5% connectivity and in A2, the size of the network was 263 interactions, with a richness of 12 species that made up the network, with 41.5% connectivity. The hummingbirds that had the highest degree of interactions with the plants in A1 were *Chrysolampis mosquitus*, *Eupetomena macroura* and *Phaethornis ruber* and, among the plants with the highest degree of hummingbird visits, *Ananas bracteatus*, *Pyrostegia venusta*, *Odontadenia lutea* and *Hohenbergia stellata*; in A2, *Chrysolampis mosquitus* and *Phaethornis ruber* among the trochilids, and *Vriesea procera*, *Lafoensia pacari* and *Vochysia lucida* among the plants. Climate seasonality,

flowering and successional stages shaped the structure of the interaction networks, allowing us to understand how these interferences influence the hummingbird-plant relationship and how these interactions are fundamental to the maintenance of these assemblages in different successional stages of vegetation.

Keywords: Nectarivorous birds, Phenology, Floral resources, Interaction networks.

INTRODUÇÃO

Durante sua fase reprodutiva, várias espécies de plantas necessitam das aves como vetores de pólen (Machado & Rocca 2010). Essa interação associa-se à especialização, de modo que estabelece relação entre a morfofisiologia floral e a morfologia, o sistema sensorial e o comportamento de forrageio de seu visitante (Faegri & Pijl 1972; Stiles 1981).

Os beija-flores são agentes polinizadores dentro dos vertebrados que utilizam os recursos florais (néctar) como meios alimentares, podendo ser considerados espécies fundamentais para funcionalidade do sistema que eles compõem. Estudos sobre interações beija-flores e plantas têm fornecido informações importantes para compreensão do papel destas aves e das plantas que os usam como vetores de pólen para manutenção das assembleias vegetais (Cruz *et al.* 2006; Machado & Semir 2006; Rocca 2006; Machado *et al.* 2007; Coelho & Machado 2009; Machado 2009, 2014; Coelho 2013; Vizentin-Bugoni *et al.* 2016).

As pesquisas sobre ciclos sazonais e fenológicos em assembleias de beija-flores e das plantas cujas flores polinizam têm aumentado nas últimas duas décadas, porém, na região Nordeste ainda são poucos estudos, principalmente os realizados em períodos mais extensos (Lopes 2002; Machado *et al.* 2007; Machado 2009, 2014; Coelho 2013). O estudo da fenologia reprodutiva é um elemento importante na determinação das estratégias evolutivas das diferentes espécies, fornecendo informações sobre suas relações com fatores climáticos, agentes polinizadores ou dispersores de sementes (Coelho & Machado 2009).

No Brasil, apesar do entendimento sobre interações entre plantas e animais ter avançado consideravelmente, no nordeste brasileiro ainda são reduzidas as pesquisas sobre os beija-flores e seus recursos florais (Colaço *et al.* 2006; Leal *et al.* 2006; Machado *et al.* 2007; Coelho & Machado 2009; Machado 2009, 2014; Santana & Machado 2010; Coelho 2013); principalmente nas áreas da Mata Atlântica (Lopes 2002; Coelho 2013).

As redes de interações mutualísticas permitem conhecer os sistemas naturais e entender como as espécies se relacionam entre si (Mello 2010). A análise de redes ecológicas evidencia como as interações são generalizadas ou específicas sob

condições ambientais e se são vulneráveis a futuras perdas de hábitat (Benítez-Malvido *et al.* 2019). Apesar da escassez desses estudos, as redes de interação mutualística entre beija-flores e plantas em ambientes da Mata Atlântica já avaliada, têm demonstrado uma estrutura de modularidade com baixo aninhamento (Vizentin-Bugoni *et al.* 2014). As redes modulares tendem a ser mais especializadas do que redes não modulares, uma vez que características morfológicas e comportamentais podem resultar em especializações que auxiliam na formação de módulos (Araújo *et al.* 2018; Maruyama *et al.* 2014; Leimberger *et al.* 2022).

A Mata Atlântica é uma formação com alta diversidade de espécies de plantas e animais. Apresenta nível de endemismo alto para vários grupos, dentre eles as aves (Fonseca 1985). No território brasileiro a Mata Atlântica tem sido degradada, estando com sua formação natural definida como áreas compostas por fragmentos florestais pequenos e isolados (Benítez-Malvido *et al.* 2019), com cerca de 12,4% de sua cobertura original restante (Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira 2021). A estrutura e composição da vegetação diferem entre os estágios sucessionais com mudanças na quantidade e qualidade dos recursos fornecidos. Os diferentes estágios de regeneração ecológica modificam a estrutura e composição da vegetação (Whitfeld *et al.* 2012). Estas interferências nos ambientes naturais são as principais ameaças às espécies de aves e à conservação da sua biodiversidade.

Compreender as interações entre beija-flores em ambientes florestais é importante para a manutenção dessas comunidades e seus serviços prestados ao ecossistema. Esse estudo tem como hipótese que a sazonalidade climática, a floração e os diferentes estágios de sucessão da vegetação influenciam na disponibilidade de recursos no tempo e espaço para beija-flores e, conseqüentemente, na estrutura das interações entre os beija-flores e plantas. Este estudo tem como objetivo investigar a assembleia de beija-flores e suas interações mutualísticas com as plantas que polinizam, sob o efeito da sazonalidade e disponibilidade de recursos, em dois estágios sucessionais da vegetação (avançado - A1 e intermediário – A2) de regeneração da Mata Atlântica, Alagoinhas, Bahia, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em dois estágios de sucessão florestal da Mata Atlântica, considerando o estado de conservação, sendo uma área de vegetação secundária decorrentes de processos naturais de sucessão, após supressão parcial da vegetação original em dois estágios sucessionais, avançado – A1 (12° 10' 46.8"S e 038° 24' 21.3"W), e o outro intermediário - A2 (12° 10' 47,3"S e 038° 24' 27,4"W/12° 10' 22.1"S e 038° 24' 32.8"W) localizadas no Complexo Vegetacional da Universidade Estadual da Bahia, UNEB, *Campus* II, (CVU), no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil (Figura 1). A presença de *Cecropia pachystachya* Trécul (cecropia), epífitas, lianas, árvores de grandes portes (com altura média superior a 12 m) e a serrapilheira abundante foram utilizadas como indicador de tempo de alteração (CONAMA 1994).

A região do litoral norte do estado da Bahia representa uma área importante para a conservação de aves no Brasil, sendo considerada como Área Insuficientemente Conhecida e de Prioridade Extremamente Alta para a Conservação da Diversidade Biológica (Brasil 2014); abriga cerca de 250 espécies de aves e, delas, 123 espécies ocorrem na mata do *Campus* da Universidade do Estado da Bahia, em Alagoinhas, sendo as famílias Tyrannidae, Thraupidae, Thamnophilidae e Trochilidae as mais ricas em espécies (Machado *et al.* 2017).

O CVU apresenta uma cobertura vegetal remanescente de domínio da Floresta Ombrófila Densa, em estágio médio e avançado de sucessão, possui gradiente vegetacional marcado por áreas temporariamente encharcadas com característicos de Mata Paludosa, Vegetação Ciliar, Brejos e Lagoas (Jesus, *et al.* 2017) (Figura 1). Os ambientes florestais em estudo são separados por uma ferrovia com uma distância média de 10 m entre elas (Figura 1).

A flora identificada no CVU é constituída por 277 espécies, distribuídas em 76 famílias, sendo as famílias Asteraceae, Fabaceae, Myrtaceae, Poaceae, Rubiaceae, Lamiaceae, Cyperaceae, as mais ricas em espécies (Jesus *et al.* 2017).

A1 apresenta uma vegetação com uma alteração mais antiga, em estágio de sucessão florestal, com manchas de floresta original, que sofreu cortes seletivos,

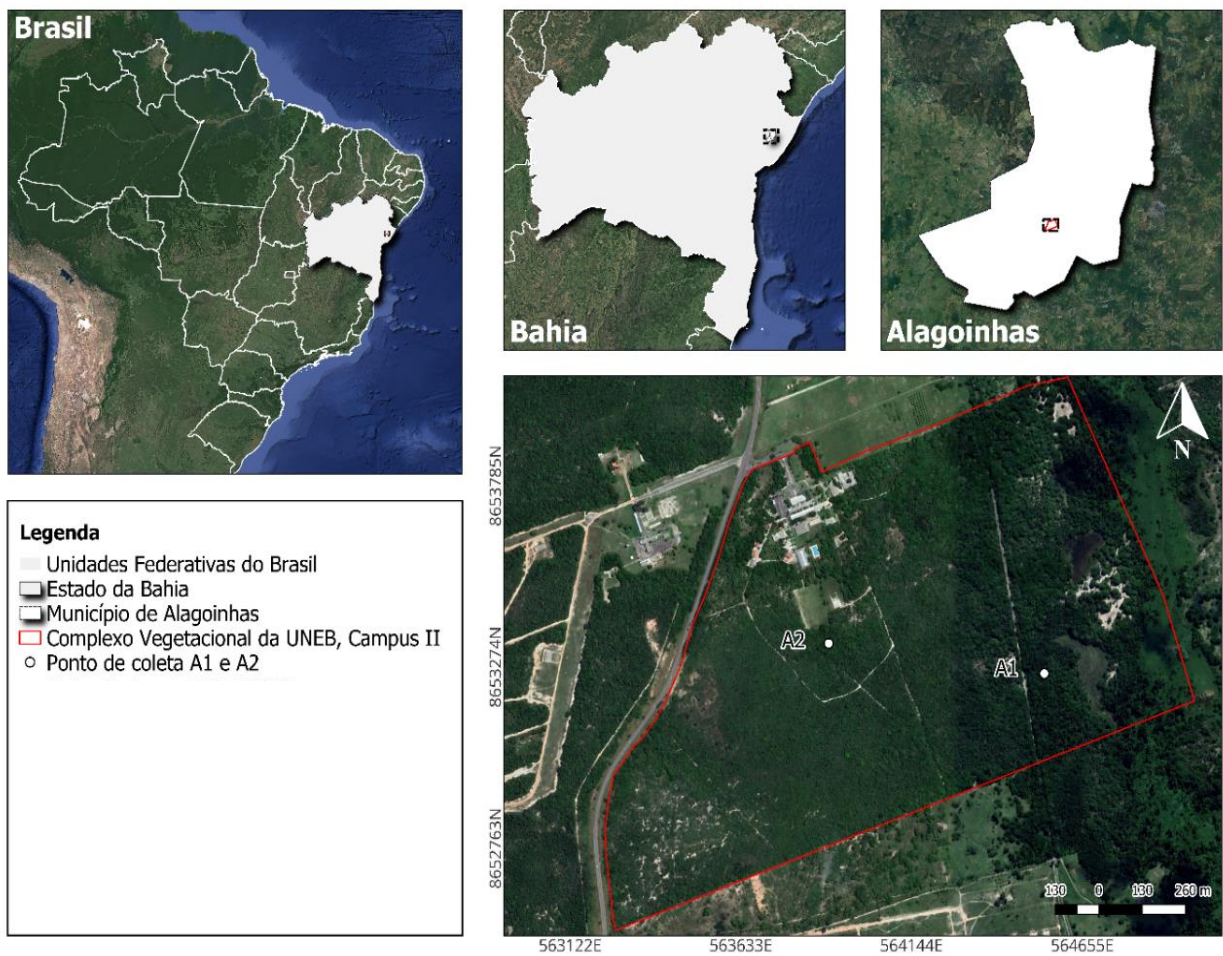


Figura 1: Área de estudo indicando os dois estágios de sucessão florestal (avançado - A1 e intermediário – A2 de regeneração) da Mata Atlântica estudados, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.



Figura 2: Aspecto da vegetação nos dois estágios de sucessão florestal. A: Avançado (A1) e B: Intermediário (A2), no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

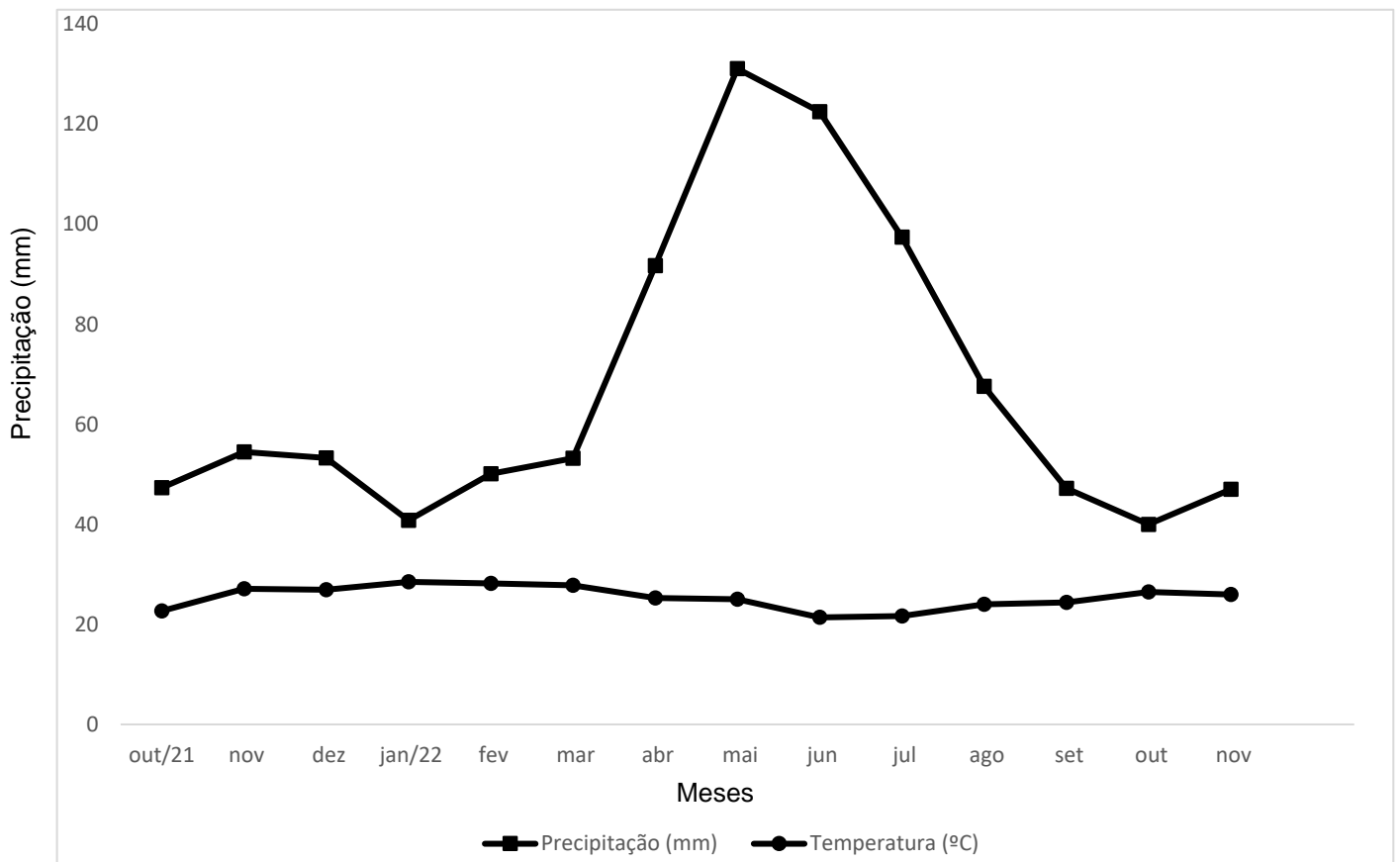


Figura 3: Gráfico da precipitação média mensal (mm) e temperatura (°C) de outubro de 2021 a novembro de 2022, em Alagoinhas, Bahia, Brasil. Adaptado do Weather Spark, 2022.

intercalando com espaços que vêm passando por estágio avançado de sucessão da vegetação. É caracterizada por uma vegetação com dossel contínuo, de 15 m a 23 m de altura, de Floresta Ombrófila Densa com presença de árvores, arbustos, lianas e epífitas, área de mata paludosa, vegetação ciliar do Rio Catu, lagoa e brejo (Jesus *et al.* 2017). Esta área apresenta trilhas de acesso restrito, árvores de dossel de grande porte e sub-bosque aberto (Figura 2).

A2 apresenta uma vegetação com uma alteração mais recente, em estágios de sucessão florestal, com manchas de floresta original, que sofreu cortes seletivos, intercalando com áreas que vêm passando por estágio intermediário de sucessão da vegetação. É caracterizada por uma vegetação de Floresta Ombrófila Densa com presença de elementos arbóreos, lianas e epífitas (Jesus *et al.* 2017). Esta área sofre impactos antrópicos, apresenta trilhas abertas de acesso, localizada próxima do *Campus*, onde ocorre cicloturismo e extração ilegal de madeira, com uma vegetação arbustivo-arbórea em desenvolvimento, intercalando com árvores de vários portes (Figura 2).

O clima do município é caracterizado como úmido a subúmido, com temperatura média anual de 25°C, período chuvoso de abril a agosto com pluviosidade média anual de 131.1 mm (Weather Spark 2022) (Figura 3).

Coleta de dados

De outubro de 2021 a novembro de 2022 foram realizadas visitas semanais nas áreas de estudos, com duração de um a quatro dias, conforme a riqueza de espécies de plantas floridas utilizadas pelos beija-flores.

Foi traçado ao longo de cada área um transecto contínuo de 1 km de extensão para amostragem de todo indivíduo florido das espécies visitadas por beija-flores, contidos em até 2 m de distância de cada lado do eixo central do transecto, a partir da borda da trilha, totalizando, uma área amostral de 2000 m² em cada área de estudo e 4000m² nas duas áreas. O método de amostragem adotado facilita a probabilidade de detecção e a presença e ausência de indivíduos floridos. Estes transectos foram percorridos no início de cada mês, com o objetivo de registrar quais as espécies floridas, o número de indivíduos floridos de cada espécie, número médio de flores por

indivíduo, de modo a se obter a densidade de recursos florais e a intensidade da fenofase de floração.

O registro da presença da fenofase de floração seguiu a classificação de Newstrom *et al.* (1994) e a intensidade da floração de acordo com Fournier (1974).

Durante as visitas foram realizadas observações naturalísticas, através do método indivíduo-focal (Altmann 1974) a olho nu ou com auxílio de binóculos, em plantas ornitófilas (troquilófilas, sendo ornitófilas mais especializadas) e não ornitófilas cujas flores são visitadas por beija-flores. A determinação quanto à síndrome de polinização seguiu as orientações de Faegri & Pijl (1980). As sessões de observações foram no mínimo de 36 horas em cada espécie de planta, sendo contínuas ou não, da aurora ao crepúsculo ou até a senescência das flores, sendo os monitoramentos distribuídos igualmente em todos os períodos do dia.

Durante as observações foram registrados: a espécie de beija-flor visitante e da planta visitada e horário, número e tipo de visita. Registrou-se, também, se as aves realizavam visitas legítimas, quando a ave acessava a flor pela parte frontal, tocando suas partes férteis e se impregnando de pólen, ou ilegítimas, quando o visitante não contactava as partes férteis da planta (Machado & Rocca 2010).

Sempre que possível foram monitoradas mais de uma planta ao mesmo tempo, de uma mesma ou espécies diferentes. Entre as bromeliáceas, indivíduos de algumas espécies ocorrem em touceiras e, nestes casos, cada inflorescência foi considerada como um indivíduo.

A identificação dos beija-flores foi feita em campo, com o auxílio de guia de identificação de aves (Sigrist 2014) e a nomenclatura taxonômica seguiu as recomendações do Conselho Brasileiro de Registros Ornitológicos (Pacheco *et al.* 2021).

Quanto ao padrão de ocorrência na área, as espécies de beija-flores foram categorizadas como residentes, se registradas ao longo do ano todo (mesmo que não registrada em meses consecutivos), ou não-residentes, quando registrados nas áreas apenas em alguns períodos do ano, podendo ser ocasionais quando houve registros temporalmente pontuais e irregulares (Machado & Rocca 2010). Foram registradas as interações agonísticas inter e intra-específicas entre os beija-flores, sendo considerados agonismo as manifestações agressivas, como perseguições e bicadas

(Machado & Rocca 2010).

As estratégias de forrageamento apresentadas pelos beija-flores foram categorizadas em: “*trapliner*” de alta e de baixa recompensa, territorialista, parasita de território e generalista (Feinsinger & Colwell 1978).

Os dados morfométricos das espécies de beija-flores, tamanho e medidas de comprimento do bico, foram obtidos de exemplares do acervo da Coleção da Divisão de Aves do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (MZFS) e literatura especializada (Grantsau 1988).

As partes férteis das plantas utilizadas pelos beija-flores foram coletadas, herborizadas e depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana (HUEFS) com a sequência do HUEFS 265998 até 265012 e identificadas por especialistas; a classificação e a nomenclatura taxonômica das plantas baseiam-se nas determinações do Missouri Botanical Garden (Tropicos 2023).

De cada espécie de angiospermas visitada por beija-flores registramos o tipo de flor (disco, pincel, goela, tubulosa), o comprimento da corola (no caso das flores tubulosas, com uso de paquímetro), a coloração predominante da flor e das estruturas anexas, a presença de odor, e a concentração do néctar (com uso de refratômetro de bolso). Para medidas de comprimento do tubo das corolas tubulosas e concentração de néctar, mensuramos de três a 10 flores de indivíduos diferentes.

Análise de dados

Foi utilizado o índice de Jaccard para avaliar a similaridade no uso dos recursos florais pelas diferentes espécies de beija-flores e das espécies de plantas cujas flores forrageiam em cada área amostrada e uma análise de agrupamento (dendrograma) elaborado com uso do programa PAST 1.84.

Para cada área, foram determinados e analisados o padrão geral da rede de interações mutualísticas entre beija-flores e as espécies de plantas que polinizam em matrizes de incidência, considerando todas as visitas legítimas. As redes de interações mutualísticas foram construídas utilizando o software R (Rstudio) e o pacote bipartite (Dorman *et al.* 2008, 2009, 2011). Em cada rede foram avaliados as seguintes métricas em nível de rede: conectância, aninhamento ponderado,

modularidade, especialização (H2) e a posição de cada espécie de ave e planta nos diferentes módulos (Jordano *et al.* 2003; Bascompte & Jordano 2006; Guimarães & Guimarães 2006; Guimarães *et al.* 2007). Para avaliar o índice de importância analisamos as métricas em nível de espécies: Especialização (d) e o grau. O aninhamento foi avaliado usando Computes nestedness of a matrix as wNODF (and NODF and wNODF); para comparar as matrizes encontradas com previsões teóricas, para análises com modelos nulos, utilizamos quatro modelos de nulidade com 1000 repetições para cada modelo, no software Rstudio e os pacotes Bipartite (Vegan, Permute, Lattice, Sna, Statnet.common) (Guimarães & Guimarães 2006; Dorman *et al.* 2008, 2009, 2011).

Calculamos o tamanho da rede (S), que representa o seu número de componentes, calculado pela somatória do número de espécies de plantas (P) e o de beija-flores (A), ou $S = P + A$. A conectância (C) corresponde à razão entre o número de interações observadas e o número de interações que seriam possíveis, calculada pela fórmula $C = 100 \cdot I / (P \cdot A)$, na qual, I = número de interações observadas. A conectância é uma medida geral do nível de generalização das espécies que compõem a rede (Jordano 1987).

A distribuição do grau na comunidade de plantas (L_n) e de beija-flores (L_m) representa o modo como as interações estão distribuídas pelas espécies. O grau médio das plantas ($\langle L_n \rangle$) e beija-flores ($\langle L_m \rangle$) correspondeu à média do número de interações por espécie nestes dois grupos. Em uma rede de interações mutualística, as espécies são tratadas como nós e a interação entre elas como ligações (Bascompte & Jordano 2006). Desta forma, foi construído um grafo bipartido, ponderado e direcionado, na qual as espécies de beija-flores e plantas foram representadas por vértices, os quais estavam conectados por linhas quando havia registro de interação.

As visitas ilegítimas foram desconsideradas nas análises de rede de interações mutualísticas e no cálculo dos índices de importância das espécies de beija-flores; todavia foram consideradas para calcular o índice de importância das espécies de plantas na dieta dos beija-flores.

RESULTADOS

A importância das aves como polinizadores

No estágio avançado de sucessão florestal (A1) foram registrados um total de dez espécies de beija-flores: três pertencentes à subfamília Phaethornithinae: *Glaucis hirsutus* (Gmelin, 1788), *Phaethornis ruber* (Linnaeus, 1758), *Phaethornis pretrei* (Lesson & Delattre, 1839); duas da subfamília Polytmidae: *Chrysolampis mosquitus* (Linnaeus, 1758), *Anthracothorax nigricollis* (Vieillot, 1817); e cinco da subfamília Trochilinae: *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1812), *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), *Aphantochroa cirrochloris* (Vieillot, 1818), *Chionomesa fimbriata* (Gmelin, 1788) e *Chlorestes cyanus* (Vieillot, 1818).

A maior riqueza de espécies de beija-flores ocorreu entre setembro e novembro de 2022, sendo registradas em setembro nove espécies (Tabela 1). *Phaethornis ruber* ocorreu em quase todos os meses, enquanto *Eupetomena macroura* teve ausências pontuais ao longo deste estudo e *Anthracothorax nigricollis* apenas no mês de setembro (Tabela 1).

Foram observados um total de 84 eventos agonísticos entre beija-flores, das quais 62 foram interações intraespecíficas (Tabela 2). A maioria envolveu espécies de *Chrysolampis mosquitus*, com 68 participações, das quais 53 foram intraespecíficas (machos com machos e fêmeas com machos) (Tabela 2); 15 foram interespecíficas envolvendo *E. macroura*, *C. mosquitus*, *C. lucidus*, *C. fimbriata* e *P. ruber* (Tabela 2). As demais foram nove intraespecíficas envolvendo *G. hirsutus*, *P. ruber* e *E. macroura* e sete interespecíficas entre *E. macroura* e *P. ruber* (Tabela 2).

Quanto a estratégia de forrageio *G. hirsutus* e *P. pretrei* apresentou do tipo “trapliner” de alta recompensa, *P. ruber*, “trapliner” de baixa recompensa, *C. mosquitus*, *A. nigricollis* e *E. macroura* territorialista, *Chlorostilbon lucidus*, *A. cirrochloris*, *C. fimbriata* e *C. cyanus* parasita de território.

No estágio intermediário de sucessão florestal (A2) foram registrados um total de seis espécies de beija-flores: uma pertencente à subfamília Phaethornithinae: *Phaethornis ruber* (Linnaeus, 1758); uma da subfamília Polytmidae: *Chrysolampis mosquitus*; e quatro da subfamília Trochilinae: *Eupetomena macroura*, *Aphantochroa cirrochloris*, *Chionomesa fimbriata* e *Chlorestes cyanus*.

A maior riqueza de beija-flores nesta área ocorreu nos mesmos meses da A1

Tabela 1: Espécies de beija-flores registradas entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em dois estágios sucessionais da vegetação (avançado - A1 e intermediário – A2 de regeneração) da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. **Padrão Sazonal:** RE: residente; NR: não residente; OC: ocasional. **Espécies de beija-flores:** *Glaucis hirsutus* (Gh), *Phaethornis ruber* (Pr), *Phaethornis pretrei* (Pp), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Anthracothorax nigricollis* (An), *Chlorostilbon lucidus* (Cl), *Eupetomena macroura* (Em), *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf) e *Chlorestes cyanus* (Cc). RE: Riqueza de espécie.

Espécies de beija-flores													
Ano	Mês	Área	Gh	Pr	Pp	Cm	An	Cl	Em	Ac	Cf	Cc	RE
2021	Out	A1		x	x				x	x			4
		A2		x									1
	Nov	A1		x	x	X			x	x			5
		A2											
	Dez	A1		x	x				x				3
		A2		x									1
2022	Jan	A1		x									1
		A2		x									1
	Fev	A1		x									1
		A2											
	Mar	A1											
		A2		x									1
	Abr	A1		x		X							2
		A2											
	Mai	A1											
		A2											
	Jun	A1				X							1
		A2											
	Jul	A1		x					x				2
		A2											
	Ago	A1		x					x				2
		A2											
	Set	A1	x	x	x	X	x	x	x	x	x		9
		A2		x		X					x		3
	Out	A1	x	x		X		x	x	x	x	x	8
		A2		x		X			x	x	x	x	6
	Nov	A1	x			X		x	x	x	x	x	7
		A2		x		X			x			x	4
Padrão sazonal		Área 1	NR	RE	NR	NR	OC	NR	RE	NR	NR	NR	
		Área 2		RE		NR			RE	NR	NR		

(Tabela 1). *Phaethornis ruber* e *Eupetomena macroura* tiveram ausências pontuais ao longo deste estudo (Tabela 1). A maior riqueza de beija-flores nesta área ocorreu nos mesmos meses da A1 (Tabela 1). *Phaethornis ruber* e *Eupetomena macroura* tiveram ausências pontuais ao longo deste estudo (Tabela 1). Foram observadas um total de 27 interações agonísticas entre beija-flores, das quais 25 foram intraespecíficas e duas interespecíficas, todas envolvendo *Chrysolampis mosquitus* e duas interespecíficas com *Aphantochroa cirrochloris* sendo agredida.

Quanto a estratégia de forrageio *P. ruber*, “trapliner” de baixa recompensa, *E. macroura* territorialista, *C. mosquitos* territorialistas e generalista, *A. cirrochloris*, *C. fimbriata* e *C. cyanus* parasita de território.

Estudos fenológicos reprodutivos e sua relação com polinizadores

No estágio avançado de sucessão florestal (A1), treze espécies de plantas tiveram suas flores exploradas por beija-flores, pertencentes a onze famílias botânicas (Tabela 3). Cinco espécies *Pyrostegia venusta* (Ker Gawl. Miers), *Ananas bracteatus* ((Lindl) Schult. & Schult. f.), *Hohenbergia stellata* (Schult. f.), *Heliconia psittacorum* (L. f.) e *Psittacanthus dichroos* ((Mart.) Mart) foram consideradas ornitófilas, com flores tubulares, inodoras e dispostas em posição horizontal, as demais foram consideradas não ornitófilas (Tabela 3).

Foram registradas um total de 1.280 visitas de beija-flores às plantas floridas *Pyrostegia venusta*, *Ananas bracteatus*, *Hohenbergia stellata*, *Bowdichia virgilioides* (Kunth.), *Vochysia lucida* (Klotzsch ex M.R. Schomb.), foram as espécies com maior frequência de visitas (Tabela 8). Algumas apresentaram touceiras como *Hohenbergia stellata*, *Wittmackia lingulata* ((L.) Mez) e *Ananas bracteatus* ocorrendo de modo não agrupado, dispersas na área, exceto a última que ocorre de modo agrupado, formando manchas.

A maioria das flores utilizadas pelos beija-flores apresentou coloração da corola conspícua, com predomínio da cor laranja, amarelo e vermelho, apesar de algumas flores apresentarem a coloração da corola não conspícuas, como lilás, roxa e azul, com brácteas rosa; sendo que as flores das espécies *O. lutea*, *W. lingulata*,

Tabela 2: Matriz de interações agonísticas entre as espécies de beija-flores de outubro de 2021 e novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. Somatório dos eixos horizontal (número de vezes em que a espécie dominou) e vertical (número de vezes em que a espécie foi subordinada) de cada espécie, onde $\Sigma 1$ = somatória das interações interespecíficas e $\Sigma 2$ = somatória total. Os valores em negrito correspondem às interações intraespecíficas. *Glaucis hirsutus* (Gh), *Phaethornis ruber* (Pr), *Phaethornis pretrei* (Pp), *Chrysolampis mosquitus* macho (Cm^m), *Chrysolampis mosquitus* fêmea (Cm^f), *Anthracothorax nigricollis* (An), *Chlorostilbon lucidus* (Cl), *Eupetomena macroura* (Em), *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf), *Chlorestes cyanus* (Cc).

		Espécies subordinadas														
		Gh	Pr	Pp	Cm^m	Cm^f	An	Cl	Em	Ac	Cf	Cf^j	Cc	Bvp	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$
Espécies dominantes	Gh	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	2
	Pr	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5
	Pp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Cm^m	-	1	-	30	11	-	7	3	-	1	-	-	-	12	53
	Cm^f	-	-	-	-	12	-	-	3	-	-	-	-	-	3	15
	Cm^j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	An	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Cl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Em	-	7	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	7	9
	Ac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Cf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Cf^j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Cc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	Bvp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	$\Sigma 1$	0	8	0	0	0	0	7	6	0	1	0	0	0	22	-
$\Sigma 2$	2	13	0	30	23	0	7	8	0	1	0	0	0	-	84	

Tabela 3: Espécies de plantas visitadas por beija-flores entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em dois estágios sucessionais da vegetação (avançado - A1 e intermediário – A2 de regeneração) da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. **TF:** tipo de flor: cm – campânula, cp- capítulo, es – estandarte, tb – tubular; **Cor:** cor da flor: am - amarela, az- azul, br – branca, lr – laranja, li – lilás, rs – rosa, rx – roxo, vi- violeta, vm - vermelho; **SP:** síndrome de polinização: or – ornitofilia, en – entomofilia, qi - quiropterofilia **CT:** comprimento do tubo (Média ± Desvio Padrão); **CN:** concentração de néctar (Média ± Desvio Padrão); **Beija-flor visitante (A1):** Gh - *Glaucis hirsutus*, Pr: *Phaethornis ruber*, Pp: *Phaethornis pretrei*, Cm - *Chrysolampis mosquitus*, An - *Anthracothorax nigricollis*, Cl - *Chlorostilbon lucidus* Em - *Eupetomena macroura*, Ac - *Aphantochroa cirrochloris*, Cf - *Chionomesa fimbriata* e Cc – *Chlorestes cyanus*. **Beija-flor visitante (A2):** Pr: *Phaethornis ruber*, Cm - *Chrysolampis mosquitus*, Em - *Eupetomena macroura*, Ac - *Aphantochroa cirrochloris*, Cf - *Chionomesa fimbriata*, Cc – *Chlorestes cyanus*; **N:** número de amostras. (-): sem registro.

Família/Espécie	TF	Cor	SP	CT (N)	CN (N)	Beija-flor	
						A1	A2
Apocynaceae							
<i>Odontadenia lutea</i> (Vell.) Markgr.	tb	am	en	45,5 ± 2,6 (8)	-	Pr, Cm, An, Cl, Em	
Bignoniaceae							
<i>Pyrostegia venusta</i> Ker Gawl. Miers	tb	lr	or	60,0 ± 1,5 (10)	21,9 ± 1,5 (10)	Gh, Pp, Cm, Cl, Em, Ac, Cf	
Bromeliaceae							
<i>Ananas bracteatus</i> (Lindl) Schult. & Schult. f.	tb	li	or	18,8 ± 1,0 (10)	25,2 ± 1,2 (10)	Gh, Pr, Pp, Cm, Em, Cf, Cc	
<i>Hohenbergia stellata</i> Schult. f.	tb	az	or	17,9 ± 0,7 (7)	-	Pr, Pp, Em, Ac	
<i>Wittmackia lingulata</i> (tb	br	en	6,8 ± 0,4 (10)	13,6 ± 2,0 (10)	Pr, Cc	Pr

(L.) Mez <i>Vriesea procera</i> (Mart. Schult.f) Wittm.	tb	am	or	37,4 ± 1,7 (4)	-		Pr, Cm, Em, Cc	45
Commelinaceae <i>Dichorisandra procera</i> Mart. ex Schult. f.	cm	az	en	-	-	Pr		
Fabaceae <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.	es	vi	en	-	20,2 ± 4,0 (7)	Cm, Cl, Em	Cm, Em	
Heliconiaceae <i>Heliconia psittacorum</i> L. f.	tb	vm/lr	or	42,3 ± 1,5 (10)	25,6 ± 1,4 (8)	Pr		
Lythraceae <i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	cp	br	qi	-	-		Pr, Cm, Cf, Cc	
Loranthaceae <i>Psittacanthus dichroos</i> (Mart.) Mart	tb	vm/a m	or	26,2 ± 2,0 (10)	16,0 ± 2,0 (10)	Cm, Em, Ac, Cf Bvp		
Polygalaceae <i>Securidaca diversifolia</i> (L.) S. F. Blake	es	rx	en	-	-	Cm, Em		
Sapindaceae <i>Serjania salzmanniana</i> Schltdl.	cm	br	en	-	24,8 ± 2,9 (10)	Cm, Cl	Cm, Cf	
Verbenaceae <i>Stachytarpheta microphylla</i> Walp.	tb	rs	en	9,1 ± 07 (10)	19,7 ± 1,7 (10)	Cl		
Vochysiaceae <i>Vochysia lucida</i> Klotzsch ex M.R. Schomb.	tb	am	en	19,9 ± 1,7 (10)	25,0 ± 1,7 (3)	Cm, Cl, Em	Cm, Ac, Cc	

S. salzmanniana apresentaram uma coloração da corola branca (Tabela 3). A maioria das espécies apresentou flores tubulosas e os valores do comprimento do tubo variaram de $6,8 \pm 0,4$ mm a $60,0 \pm 1,5$ mm. A concentração média de néctar da assembleia de plantas exploradas é $21,33 \pm 2,04$, variando de $13,6 \pm 2,0$ em *W. lingulata* a $25,6 \pm 1,4$ em *H. psittacorum* (Tabela 3). As espécies *S. salzmanniana* e *V. lucida* apresentaram concentração do néctar parecidos ou de plantas ornitófilas (Tabela 3).

A densidade maior densidade de indivíduos com plantas floridas ocorreram no período seco, nos meses de outubro a dezembro (2021) e setembro a novembro (2022) (Tabela 6). As espécies *A. bracteatus*, *H. stellata*, *B. virgilioides* e *V. lucida* tiveram maior quantidade de indivíduos floridos (Tabela 6). Quanto à intensidade da floração, a maioria das espécies de plantas registradas apresentou um percentual de intensidade entre 50% a 100% (Tabela 8).

A fenologia da floração apresentou períodos com ausência de espécies floridas na área, durante os meses de fevereiro, março e junho de 2022 (Tabela 4). A maioria das espécies apresentou um padrão anual com duração da floração intermediária variando de um a três meses, onde o maior número de espécies floridas, ocorreram nos meses de outubro a dezembro de 2021 e setembro a novembro de 2022 (Tabela 4). No estágio intermediário de sucessão florestal (A2), sete espécies de plantas tiveram suas flores exploradas por beija-flores, pertencentes a cinco famílias botânicas (Tabela 3). *Vriesea procera* foi considerada ornitófila (troquilófila), as demais foram consideradas não ornitófilas (Tabela 3).

Foi registrado um total de 263 visitas de beija-flores às plantas floridas. *Bowdichia virgilioides*, *Vochysia lucida*, *Vriesea procera* e *Lafoensia pacari* foram as espécies com maior frequência de visitas (Tabela 9).

A maioria das flores utilizadas pelos beija-flores apresentou coloração da corola na cor amarela e branca (Tabela 3). Três espécies apresentaram flores tubulosas e os valores do comprimento do tubo variaram de $6,8 \pm 0,4$ mm a $37,4 \pm 1,7$ mm. A concentração média de néctar da assembleia de plantas exploradas é $20,9 \pm 2,6$ variando de $13,6 \pm 2,0$ em *W. lingulata* a $25,0 \pm 1,7$ em *Heliconia psittacorum* (Tabela 3). As espécies *S. salzmanniana* e *V. lucida* apresentaram concentração do néctar parecidos ou de plantas ornitófilas (Tabela 3).

A densidade maior densidade de indivíduos com plantas floridas ocorreram no período seco, nos meses de dezembro (2021) e setembro a novembro (2022) (Tabela 7). As espécies *V. procera*, *B. virgilioides* e *V. lucida* tiveram maior densidade de indivíduos floridos (Tabela 7). As espécies floridas apresentaram um percentual de intensidade da floração de 50% a 100%, exceto *W. lingulata*, que apresentou menos de 25% (Tabela 9).

A fenologia da floração apresentou períodos com ausência de espécies floridas na área (Tabela 5). A maioria das espécies apresentou um padrão de floração anual, com duração da floração breve menor que um mês e intermediário variando de um a três meses (Tabela 5).

Redes de interação mutualística entre beija-flor e plantas

No estágio avançado de sucessão florestal (A1), o índice de similaridade entre as espécies de beija-flor e plantas que utilizam, houve compartilhamento do mesmo recurso pelas espécies formando quatro grupos (Figura 4). Nestes grupos, a maior similaridade foi observada entre *A. cirrochloris* e *C. cyanus*; *C. mosquitus*, *E. macroura* e *C. lucidus*; *P. pretrei* e *G. hirsutus*; *P. ruber* e *C. fimbriata*. Em *A. nigricollis* pode-se observar o isolamento dos demais grupos (Figura 4).

O índice de importância das espécies de beija-flores que compuseram a rede, *C. mosquitus* (8), *E. macroura* (7) e *P. ruber* (6), apresentaram maior grau de importância a nível de espécie para a assembleia de plantas da área estudada. Em relação às plantas que compuseram a rede, *A. bracteatus* (7), *P. venusta* (7), *O. lutea* (5), *H. stellata* (4), apresentaram maior grau de importância a nível de espécie para a assembleia de beija-flores da área estudada. As espécies *G. hirsutus*, *P. ruber*, *P. pretrei* apresentaram maior força de interação em *A. bracteatus*. *Eupetomena macroura* e *P. ruber* mostraram maior força de interação em *H. stellata*. *C. mosquitus* apresentou maior força de interação em *B. virgilioides* e *V. lucida* (Figura 5).

A rede de interações mutualísticas apresentou um resultado significativo para modularidade com baixo aninhamento, apresentou tamanho da rede de 1.280 interações possíveis, sua riqueza foi de 23 total de espécies que compuseram a rede

Tabela 4: Períodos de floração das espécies de plantas visitadas por beija-flores de outubro de 2021 a novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

Espécie	Ano													
	2021						2022							
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
<i>Odontadenia lutea</i> ((Vell.) Markgr.)													_____	
<i>Pyrostegia venusta</i> ((Ker Gawl.) Miers)													_____	
<i>Ananas bracteatus</i> ((Lindl.) Schult. & Schult. f.)	_____											_____		
<i>Hohenbergia stellata</i> (Schult.f)	_____											_____		
<i>Wittmackia lingulata</i> ((L.) Mez)		_____											_____	
<i>Dichorisandra procera</i> (Mart. ex Schult. f.)							_____							
<i>Bowdichia virgilioides</i> (Kunth)													_____	
<i>Heliconia psittacorum</i> (L. f.)				_____										_____
<i>Psittacanthus dichroos</i> ((Mart.) Mart.)													_____	_____
<i>Securidaca diversifolia</i> ((L.) S. F. Blake)													_____	
<i>Serjania salzmanniana</i> (Schltdl.)													_____	
<i>Stachytarpheta microphylla</i> (Walp.)													_____	
<i>Vochysia lucida</i> (Klotzsch ex M. R. Schomb.)													_____	
Estação	Seca						Chuvosa						Seca	

Tabela 5: Períodos de floração das espécies de plantas visitadas por beija-flores de outubro de 2021 a novembro de 2022, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil.

Espécie	Ano														
	2021					2022									
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	
<i>Vriesea procera</i> ((Mart. ex Schult. f.) Wittm.)			_____									_____			
<i>Wittmackia lingulata</i> ((L.) Mez)		_____									_____				
<i>Bowdichia virgilioides</i> (Kunth)												_____			
<i>Lafoensia pacari</i> (A. St.-Hil.)													_____		
<i>Serjania salzmanniana</i> (Schltdl.)													_____		
<i>Vochysia lucida</i> (Klotzsch ex M. R. Schomb.)												_____			
Estação	Seca					Chuvosa					Seca				

Tabela 6: Densidade de indivíduos floridos das espécies de plantas visitadas por beija-flores entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. Os valores correspondem à densidade das plantas floridas (indivíduos / m².10⁻⁴) dentro de cada área amostral de 2000 m². (-): sem registro de indivíduos floridos.

Família/Espécie	Ano														
	2021					2022									
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	
Apocynaceae															
<i>Odontadenia lutea</i> ((Vell.) Markgr.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	2	0,7	
Bignoniaceae															
<i>Pyrostegia venusta</i> ((Ker Gawl.) Miers)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1	-	
Bromeliaceae															
<i>Ananas bracteatus</i> ((Lindl.) Schult. & Schult. f.)	2,5	7	5,2	-	-	-	-	-	-	-	0,7	6	10,5	4	
<i>Hohenbergia stellata</i> (Schult.f)	2,2	2,2	1	-	-	-	-	-	-	1,7	1,7	1,7	1,2	-	
<i>Wittmackia lingulata</i> ((L.) Mez)	-	0,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	2	1	
Commelinaceae															
<i>Dichorisandra procera</i> (Mart. ex Schult. f.)	-	-	-	-	-	-	5,5	4,7	-	-	-	-	-	-	
Fabaceae															
<i>Bowdichia virgilioides</i> (Kunth)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	7,7	6	
Heliconiaceae															
<i>Heliconia psittacorum</i> (L. f.)	-	-	0,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	
Loranthaceae															

<i>Psittacanthus dichroos</i> ((Mart.) Mart.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
Polygalaceae															
<i>Securidaca diversifolia</i> ((L.) S. F. Blake)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-
Sapindaceae															
<i>Serjania salzmanniana</i> (Schltdl.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
Verbenaceae															
<i>Stachytarpheta microphylla</i> (Walp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	3	-
Vochysiaceae															
<i>Vochysia lucida</i> (Klotzsch ex M. R. Schomb.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5	4,5	3,7
Total de espécies	4,7	7,9	7,4	0,7			5,5	4,7		1,7	2,4	25,3	37,6	19,1	
Riqueza de espécies	2	3	4	1			1	1		1	2	8	11	7	

Tabela 7: Densidade de indivíduos floridos das espécies de plantas visitadas por beija-flores entre outubro de 2021 e novembro de 2022, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. Os valores correspondem à densidade das plantas floridas (indivíduos / m².10⁻⁴) dentro de cada área amostral de 2000 m². (-): sem registro de indivíduos floridos.

Família/Espécie	Ano													
	2021			2022										
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
Broeliaceae														
<i>Vriesea procera</i> ((Mart. ex Schult. f.) Wittm.)	-	-	0,7	0,7	-	-	-	-	-	-	-	0,7	2,2	2,5
<i>Wittmackia lingulata</i> ((L.) Mez)	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,7	-	-
Fabaceae														
<i>Bowdichia virgilioides</i> (Kunth)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	1,2
Lythraceae														
<i>Lafoensia pacari</i> (A. St.-Hil.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,5
Sapindaceae														
<i>Serjania salzmanniana</i> (Schltdl.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-
Vochysiaceae														
<i>Vochysia lucida</i> (Klotzsch ex M. R. Schomb.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	3,7	2
Total de espécies	-	0,5	0,7	0,7	-	-	-	-	-	-	0,5	9,1	12,3	6,2
Riqueza de espécies	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	4	6	4

Tabela 8: Espécies de plantas e os beija-flores que visitam suas flores de outubro de 2021 e novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. IM: Número de indivíduos monitorados, HO: Número total de horas de observação focal, TV: Número total de sessões de visitas dos beija-flores, FV: Frequência toda de visitas (sessões de visitas por indivíduo/hora de observação). Frequência relativa (%): *Glaucis hirsutus* (Gh), *Phaethornis ruber* (Pr), *Phaethornis pretrei* (Pp), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Anthracothonax nigricollis* (An), *Chlorostilbon lucidus* (Cl), *Eupetomena macroura* (Em) *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf) e *Chlorestes cyanus* (Cc). PF: Padrão de floração: Sub-anual (Sb), anual (An), supra-anual (Sp) DF: Duração da floração: Breve (Bv), contínuo (Co), intermediário (In), longo (Lo). IF: Intensidade de floração: 1-1% a 25%; 2-26% a 50%; 3: 51% a 75%; 4: 76% a 100%.

Família/ Espécie	IM	HO	TV	FV	Espécies de beija-flores visitantes											PF/DF	IF
					Frequência relativa de visitas (%)												
					Gh	Pr	Pp	Cm	An	Cl	Em	Ac	Cf	Cc			
Apocynaceae																	
<i>Odontadenia lutea</i> (Vell.) Markgr.	5	150	38	0,25	-	42	-	8	39	8	3	-	-	-	An/ In	4	
Bignoniaceae																	
<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	5	150	51	0,34	18	-	12	2	-	10	23	19	16	-	An/In	4	
Bromeliaceae																	
<i>Ananas bracteatus</i> (Lindl.) Schult. & Schult. f.	42	535	434	0,81	28	42	14	4	-	-	6	1	5	-	An/In	4	

<i>Hohenbergia stellata</i> Schult.f	11	194	271	1,39	-	51	21	-	-	-	32	5	-	-	An/In	4
<i>Wittmackia lingualata</i> (L.) Mez	12	96	17	0,17	-	47	-	-	-	-	-	-	-	53	An/In	3
Commelinaceae																
<i>Dichorisandra procera</i> Mart. ex Schult. f.	9	189	4	0,02	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	An/In	3
Fabaceae																
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.	37	157	214	1,36	-	-	-	85	-	15	-	-	-	-	An/In	4
Heliconiaceae																
<i>Heliconia psittacorum</i> L. f.	4	75	24	0,32	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	An/bv	1
Loranthaceae																
<i>Psittacanthus dichroos</i> (Mart.) Mart	7	112	59	0,52	-	34	-	30	12	-	-	-	9	-	Sb/In	4
Polygalaceae																
<i>Securidaca diversifolia</i> (L.) S. F. Blake	4	44	3	0,06	-	-	-	99	-	-	1	-	-	-	An/In	1
Sapindaceae																
<i>Serjania salzmanniana</i> Schltld.	8	80	45	0,56	-	-	-	58	-	42	-	-	-	-	An/bv	4
Verbenaceae																

*Stachytarpheta**microphylla*

Walp.

8	120	12	0,1	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	Sb/bv	1
---	-----	----	-----	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	-------	---

Vochysiaceae*Vochysia lucida*

Klotzsch ex M.R.

Schomb.

11	85	108	1,27	-	-	-	59	-	24	17	-	-	-	An/In	4
----	----	-----	------	---	---	---	----	---	----	----	---	---	---	-------	---

Tabela 9: Espécies de plantas e os beija-flores que visitam suas flores de outubro de 2021 e novembro de 2022, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. IM: Número de indivíduos monitorados, HO: Número total de horas de observação focal, TV: Número total de sessões de visitas dos beija-flores, FV: Frequência toda de visitas (sessões de visitas por indivíduo/hora de observação). Frequência relativa (%): *Phaethornis ruber* (Pr), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Eupetomena macroura* (Em) *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf) e *Chlorestes cyanus* (Cc). PF: Padrão de floração: Sub-anual (Sb), anual (An), supra-anual (Sp) DF: Duração da floração: Breve (Bv), contínuo (Co), intermediário (In), longo (Lo). IF: Intensidade de floração: 1-1% a 25%; 2-26% a 50%; 3: 51% a 75%; 4: 76% a 100%.

Família/Espécie	IM	HO	TV	FV	Espécies de beija-flores visitantes						Padrão de floração	Intensidade da floração
					Frequência relativa de visitas (%)							
					Pr	Cm	Em	Ac	Cf	Cc		
Bromeliaceae												
<i>Wittmackia lingualata</i> (L.)	4	48	7	0,17	100	-	-	-	-	-	An/In	1
<i>Vriesea procera</i> (Mart. ex Schult.f.) Wittm.	4	70	40	0,57	15	43	17	-	-	25	Sb/In	3
Fabaceae												
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.	10	163	86	0,77	-	100	-	-	-	-	An/In	4
Sapindaceae												
<i>Serjania salzmanniana</i> Schltld.	4	64	28	0,43	-	60	-	-	40	-	An/bv	4
Vochysiaceae												
<i>Vochysia lucida</i> Klotzsch ex M. R. Schomb.	6	246	62	0,25	-	82	-	11	-	7	An/In	4
Lythraceae												
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	3	78	40	0,51	13	81	3	-	3	-	An/bv	3

beija-flor-planta, a conectância foi 31,5% e a especialização foi de 49,7% (Figura 5). A modularidade (Q) 0.428 foi significativa, ficando dentro do intervalo de confiança (0.0470 a 0.661) e aninhamento (wNODF) 23.906 não significativo, ficando abaixo do intervalo de confiança (65.218 a 77.274).

O grau médio a nível de rede da assembleia de beija-flores ($\langle L_m \rangle$) foi de 128, variando de 15, em *A. nigricollis*, a 356, em *P. ruber*, enquanto o valor do grau médio a nível de rede entre a assembleia de plantas ($\langle L_n \rangle$) foi 98,4, variando de 3,0, em *S. diversifolia*, a 434, em *A. bracteatus*.

No estágio intermediário de sucessão florestal (A2) o índice de similaridade, formou-se dois grupos compostos pelas espécies *Chlorestes cyanus* e *Phaethornis Ruber*; *Chrysolampis mosquitus* e *Chionomesa fimbriata* que compartilharam recursos alimentares similares. Em *Aphantochroa cirrochloris* pode-se observar o isolamento dos demais grupos (Figura 6).

O índice de importância das espécies de beija-flores que compuseram a rede, *C. mosquitus* (5) e *P. ruber* (3), apresentaram maior grau de importância a nível de espécie para a assembleia de plantas da área estudada. Em relação às plantas que compuseram a rede, *V. procera* (4), *L. pacari* (3) e *V. lucida* (3), apresentaram maior grau de importância a nível de espécie para a assembleia de beija-flores da área estudada. A espécie *C. mosquitus* apresentou maior força de interação entre as espécies de plantas visitadas. *Eupetomena macroura*, *P. ruber* e *C. mosquitus* apresentou maior força de interação em *V. procera* (Figura 7).

A rede de interações mutualísticas apresentou um resultado significativo para modularidade com baixo aninhamento, apresentou tamanho da rede de 263 interações possíveis; sua riqueza foi de 12 total de espécies que compuseram a rede beija-flor-planta, a conectância foi 41,6% e a especialização 58,4% (Figura 7). A modularidade (Q) 0.225 foi significativa, ficando acima do intervalo de confiança (0.049 a 0.079) e aninhamento (wNODF) 23.333 não significativa, ficou abaixo do intervalo de confiança (36.441 a 62.712).

O grau médio a nível de rede da assembleia de beija-flores ($\langle L_m \rangle$) foi de 43,8, variando de 7,0, em *A. cirrochloris*, a 86,0, em *C. mosquitus*, enquanto o valor do grau médio a nível de rede entre a assembleia de plantas ($\langle L_n \rangle$) foi de 43,8, variando de 7,0, em *W. lingulata*, a 204,0 *B. virgilioides* (Figura 7).

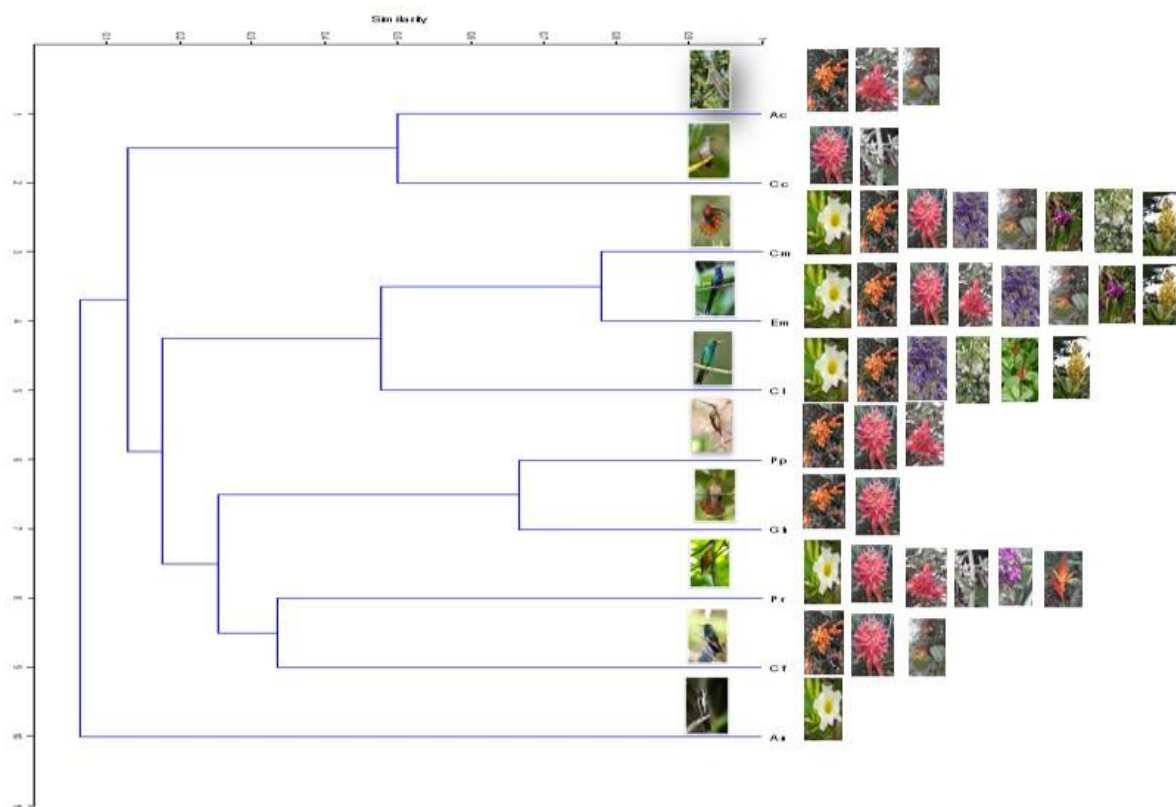


Figura 4: Agrupamento pelo índice de similaridade de Jaccard entre as espécies de beija-flores de acordo com o uso de recursos florais, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. *Glaucis hirsutus* (Gh), *Phaethornis ruber* (Pr), *Phaethornis pretrei* (Pp), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Anthracothonax nigricollis* (An), *Chlorostilbon lucidus* (Cl), *Eupetomena macroura* (Em), *Aphantochroa cirrochloris* (Ac), *Chionomesa fimbriata* (Cf), *Chlorestes cyanus* (Cc).

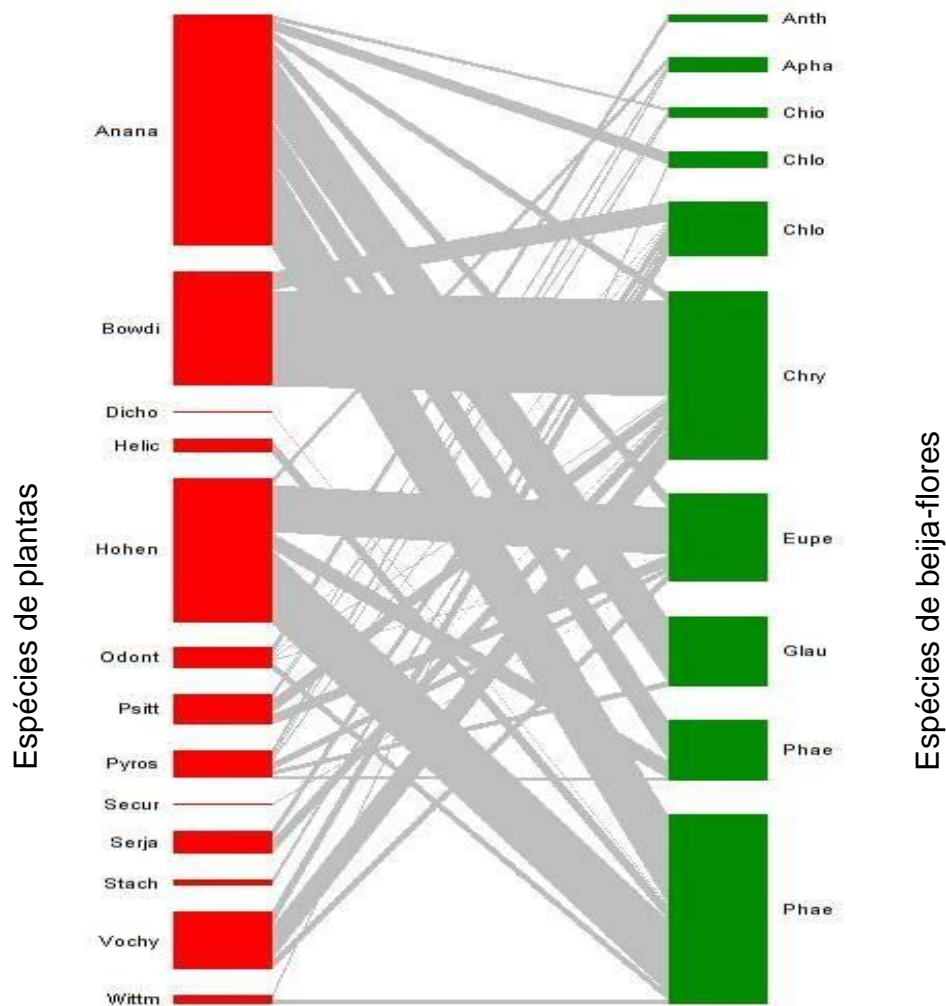


Figura 5: Rede de interações mutualísticas entre beija-flores e plantas, de outubro de 2021 a novembro de 2022, em A1 estágio avançado de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. A largura da linha corresponde ao peso (número) de interações dos beija-flores à cada espécie de planta. *A. bracteatus* (Anana), *B. virgilioides* (Bowdi), *D. procera* (Dicho), *H. psittacorum* (Helic), *H. stellata* (Hohen), *O. lutea* (Odont), *P. dichroos* (Psitt), *P. venusta* (Pyros), *S. diversifolia* (Secur), *S. salzmanniana* (Serja), *S. microphylla* (Stach), *V. lucida* (Vochy) e *W. lingulata* (Wittm). *A. nigricollis* (Anth), *A. cirrochloris* (Apha), *C. fimbriata* (Chio), *C. cyanus* (Chlo), *C. lucidus* (Chlo), *C. mosquitus* (Chry), *E. macroura* (Eupe), *G. hirsutus* (Glau), *P. pretrei* (Phae) e *P. ruber* (Phae).

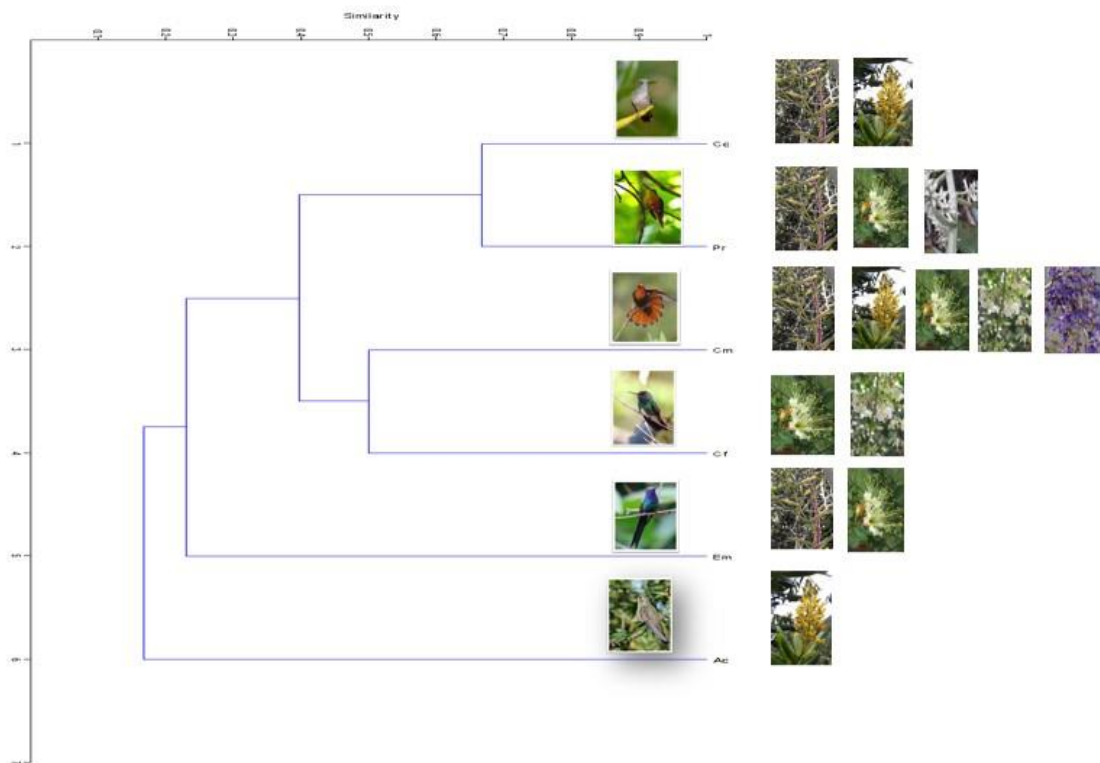


Figura 6: Agrupamento pelo índice de similaridade de Jaccard entre as espécies de beija-flores de acordo com o uso de recursos florais, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. *Chlorestes cyanus* (Cc), *Phaethornis ruber* (Pr), *Chrysolampis mosquitus* (Cm), *Eupetomena macroura* (Em), *Chionomesa fimbriata* (Cf), *Aphantochroa cirrochloris* (Ac).

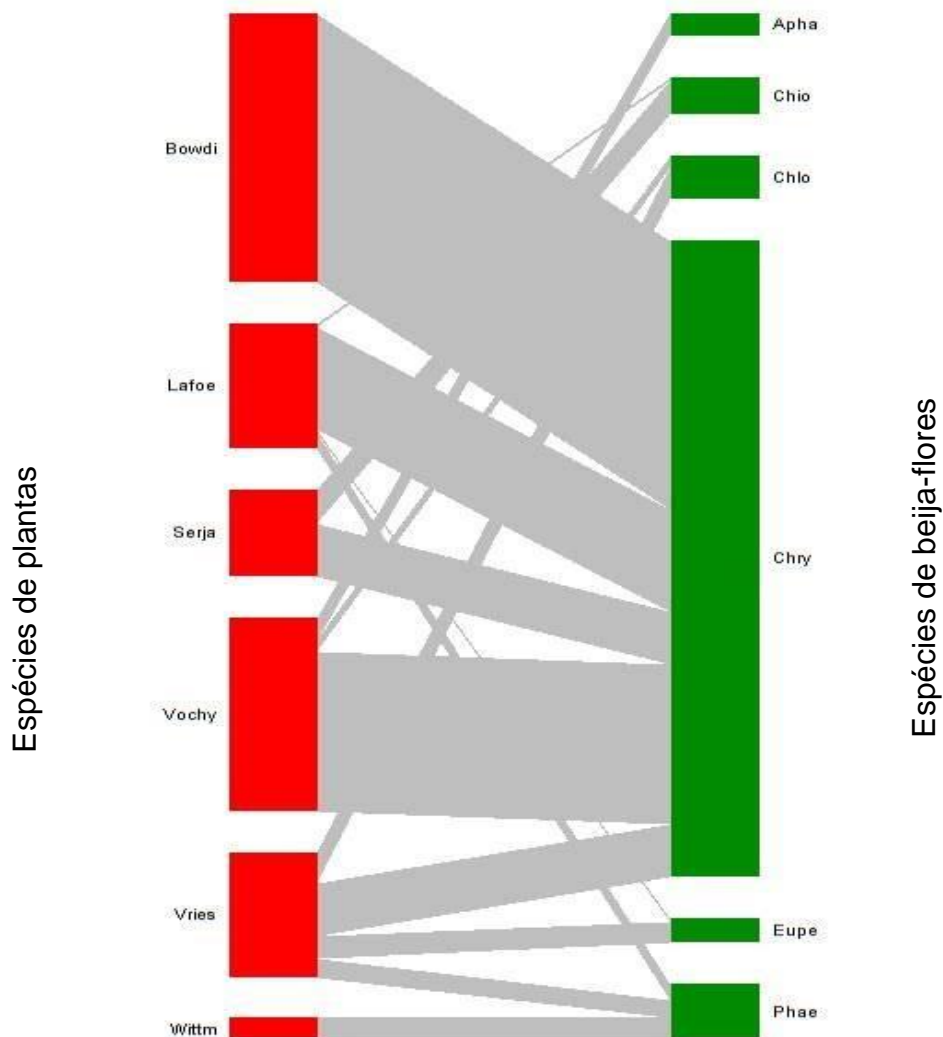


Figura 7: Rede de interações mutualísticas entre beija-flores e plantas, de outubro de 2021 a novembro de 2022, em A2 estágio intermediário de sucessão florestal da Mata Atlântica, no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. A largura da linha corresponde ao peso (número) de interações dos beija-flores à cada espécie de planta. *B. virgilioides* (Bowdi), *L. pacari* (Lafoe), *S. salzmanniana* (Serja), *V. lucida* (Vochy), *V. procera* (Vries) e *W. lingulata* (Wittm). *A. cirrochloris* (Apha), *C. fimbriata* (Chio), *C. cyanus* (Chlo), *C. mosquitus* (Chry), *E. macroura* (Eupe) e *P. ruber* (Phae).

DISCUSSÃO

A importância das aves como polinizadores

Os estágios de sucessão florestal amostrados de Mata Atlântica apresentaram diferença na riqueza da assembleia de beija-flores, uma maior quantidade de beija-flores em A1 esteve relacionada à riqueza e à composição das plantas encontradas nas áreas, sendo que algumas foram comuns nos ambientes, corroborando com a teoria da sucessão, que menciona que a diversidade das plantas tende a aumentar com a idade da sucessão (Cortés-Flores, *et al.* 2023); e os diferentes estágios de regeneração ecológica modificam a estrutura e composição da vegetação (Whitfeld *et al.* 2012). Essas mudanças influenciam na diversidade de plantas e os visitantes, uma vez que diferentes espécies de beija-flores utilizam diferentes espécies de plantas e os tipos de plantas acabam selecionando as espécies de visitantes que serão encontradas nos ambientes.

As estratégias de forrageamento contribuem para a presença dos beija-flores nos ambientes e as interações que desenvolvem, o que está relacionado a distribuição da taxa (a adaptação aos diferentes ambientes) e das plantas (mais especializadas e menos especializadas) utilizadas por eles. As subfamílias de beija-flores encontradas nos diferentes estágios sucessionais da vegetação também foram encontradas em estudo na Mata Atlântica (Coelho 2013).

A família Phaethornithinae é composta por beija-flores mais especializados e são encontradas em ambientes florestais (Lopes 2002; Piratelli 1993). Desse modo, um maior número de espécies dessa subfamília em A1 estágio avançado de sucessão florestal pode ser justificado pela sua predominância em ambientes mais preservados, devido a esses ambientes serem sombreados e com vegetação mais densa. Plantas mais especializadas ornitófilas (troquilófilas) garantiram a presença de beija-flores especialistas nas áreas, que visitaram flores isoladas em intervalos de tempo espaçados. No entanto, *P. ruber* forrageou flores de espécies ornitófilas com maior frequência e algumas não ornitófilas, visitando suas flores em intervalo de tempo mais curto, nas duas áreas (Feinsinger & Colwell. 1978). Já as subfamílias Trochilidae e Polytmidae é encontrada em diferentes biomas, como no Cerrado (Machado 2014), Caatinga (Machado 2009) e Mata Atlântica (Coelho 2013; Lopes 2002; Piratelli 1993).

Isso reforça a caracterização da área como complexo vegetacional (Jesus *et al.*, 2017).

As espécies territorialistas encontradas agiram na defesa de território e recursos florais, *C. mosquitos* atuou como generalista visitando flores menos especializadas e especializadas, porém com menos frequência nas especializadas. A vantagem da estratégia territorialista é que apesar do gasto energético para proteção do território, é compensado pela maior oferta de recurso alimentar disponível (Justino *et al.* 2012). Algumas espécies que apresentaram defesa de território, também tiveram um comportamento de forrageamento em linha de captura como *E. macroura*, onde a maioria das interações foram com espécies de plantas ornitófilas. Isso sugere que mesmo os troquilídeos (que normalmente tendem a ser territoriais), tendem a forragear em linha de captura (traplining) de baixa recompensa (Machado 2014); Isso pode ser atribuído ao fato que as estratégias variaram de acordo com a disponibilidade de recursos na área e a posição de dominância em que a espécie ocupa na assembleia (Feinsinger & Colwell 1978); As espécies que apresentaram estratégia de forrageio do tipo parasita de território invadiram e utilizam os recursos florais de áreas estabelecidas por espécies territorialistas possibilitando um menor gasto energético para estas espécies na busca por recursos alimentares (Feinsinger & Colwell 1978).

As estratégias de forrageio das espécies consideradas residentes nos dois estágios de conservação garantiram a polinização de plantas ornitófilas e não ornitófilas, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, sendo espécies fundamentais para a manutenção da assembleia de plantas nos dois estágios de sucessão florestal. Estas espécies também foram registradas como residentes em estudos em áreas de Mata Atlântica (Coelho 2013; Lopes 2002); poucas espécies consideradas residentes também foram encontradas em Campos Rupestres, Cerrado e Caatinga (Machado *et al.* 2007; Machado 2009, 2014). Uma menor riqueza de espécies de beija-flores residentes, em diferentes localidades pode estar relacionada à disponibilidade de recursos alimentares e isso pode ocorrer devido a degradação ambiental, que acarreta problemas como a perda das espécies da fauna e da flora, afetando principalmente a comunidade vegetal e o êxodo de agentes dispersores e polinizadores (Piratelli 1993); que passam a explorar outras áreas para manter suas populações (Machado 2009).

As espécies territorialista apresentaram comportamento agonístico, embora

Chrysolampis mosquitus foi a espécie com maior frequência defendendo territórios e brigando por recursos florais disponíveis; agonismos intraespecíficos entre essas espécies foram registrados em outras áreas de cerrado por Machado *et al.* (2014), e interespecífico *C. mosquitus* e *C. lucidus* (subordinado) em Campo rupestre por Machado *et al.* (2007). As espécies *G. hirsutus*, *P. pretrei*, *C. mosquitus*, *A. nigricollis* e *E. macroura* foram consideradas dominantes por possuírem maior tamanho do corpo, e alguns, maior tamanho do bico, características que parecem ser determinantes para uma espécie ser dominante (Grantsau 1988).

Estudos fenológicos reprodutivos e sua relação com polinizadores

A riqueza das espécies que compõem a assembleia de plantas polinizadas por beija-flores, diferiram entre os dois estágios sucessionais da vegetação. Porém, quanto à composição foram encontradas algumas espécies comuns aos dois ambientes. Isso pode ocorrer porque à medida que a sucessão avança, a disponibilidade de recursos oferecidos as espécies visitantes aumentam e se modificam, com isso as redes de visitantes de plantas aumentam em tamanho e número de interações à medida que a diversidade de plantas aumenta (Cortés-Flores *et al.* 2023).

Das famílias de plantas visitadas a família Bromeliaceae caracterizaram os recursos mais importantes para assembleia de beija-flores, a mais abundante e distribuídas em vários lugares no decorrer dos transectos, possuindo espécies consideradas especializadas para polinização por beija-flores e uma importante fonte de recurso floral para beija-flores em áreas da Mata Atlântica como já foi relatado em outros estudos (Lopes 2002, Machado & Semir 2006; Coelho 2013; Araújo *et al.* 2018).

Quanto às demais famílias registradas nas áreas de estudo, Bignoniaceae, Heliconiaceae e Loranthaceae, apresentaram indivíduos de espécies ornitófilas (troquilófilas), já as famílias Fabaceae e Vochysiaceae mostraram indivíduos com síndrome de polinização entomófila, podendo haver uma predominância de entomofilia. Nas áreas de estágios sucessionais mais adiantados ou clímax, favorecem o desenvolvimento de espécies de plantas hospedeiras, levando a uma grande disponibilidade de diferentes substratos, aumentando a probabilidade de estabelecimento de diferentes espécies de bromélias epífitas (Machado & Semir

2006). Isso explica a presença de espécies mais adaptadas no estágio avançado de sucessão florestal (A1) e sua importância para conservação destas espécies. Estas plantas hospedeiras também servem de abrigo, não apenas para bromélias mas também para as lianas; no presente estudo, *O. lutea*, *P. venusta*, *S. diversifolia*, *P. dichrous* e *S. salzmanniana* são espécies que utilizam deste tipo de suporte. Sendo assim, a riqueza e abundância de espécies de bromélias em um determinado bioma podem ser utilizadas para estimar o status de conservação do ambiente e a capacidade de suporte da biodiversidade (Schultz *et al.* 2012).

Quanto a morfologia floral teste de preferência produzido através da reflexão espectral em flores naturais de troquilófilas mostraram que os beija-flores não têm uma preferência inata por flores vermelhas, necessariamente, apresentando preferência por flores brancas e ainda preferência por flores rosas, laranjas, verdes e azuis (Lunau *et al.* 2011); Estas preferências podem estar relacionadas a preferência pelas cores das flores que eles utilizaram, assim como a escassez de flores conspícua podem ter influenciado. A maior utilização de flores tubulares esteve relacionada à morfologia das plantas (mais especializadas) favorecendo a visita de beija-flores (mais especializados) devido ao comprimento do bico, o que pode indicar fatores coevolutivos entre esta comunidade (Leimberger *et al.* 2022).

A concentração média de néctar da assembleia de plantas exploradas pelos beija-flores corroborou com a descrita em outras assembleias de plantas visitadas por beija-flores (Machado & Rocca 2010). Geralmente, flores ornitófilas apresentam grande produção de néctar com baixa concentração de açúcares (Faegri & Pijl 1980). Isso provavelmente seja uma estratégia que a planta utiliza para fazer com que o beija-flor explore outras flores com mais frequência para satisfazer sua demanda de gasto energético, proporcionando assim uma polinização mais eficaz (Machado & Rocca 2010). Alguns beija-flores visitaram plantas menos especializadas, isso pode ser atribuído ao fato de que uma mesma concentração de néctar foi encontrado em espécies não ornitófilas como *S. salzmanniana* e *V. lucida*, contribuindo para a disponibilidade de recursos para espécies mais generalistas; uma vez que flores não-ornitófilas podem ser abundantes em uma área e fornecer néctar com valor energético similar ao de espécies polinizadas pelos beija-flores (Arizmendi & Ornelas 1990).

A maioria das espécies visitadas pelos beija-flores floresceram no fim da estação chuvosa e durante a estação seca, de modo semelhante ao registrado em

outros estudos (Stiles 1978; Arizmendi & Ornelas 1990; Rocca 2006; Santana & Machado 2010). Este foi o período com maior densidade e intensidade de recursos disponíveis e contribuiu para maior riqueza de espécies de beija-flores nos dois estágios de sucessão florestal. Esse padrão pode ocorrer devido à maior quantidade de chuvas nos meses anteriores à estação seca, indicando que a variação nos períodos sazonais, as alterações climáticas tendem a influenciar na floração das espécies alterando os recursos oferecidos e a presença dos beija-flores nos ambientes (Leimberger *et al.* 2022). No entanto pode ocorrer uma aparente falta de um padrão de floração determinado para florestas secas ou úmidas, pelo menos no que diz respeito a guildas de ornitofilia foi constatado por Buzato *et al.* (2000). O que pode indicar que nessas florestas, não há um padrão definido de floração de plantas ornitófilas, não apresentando um período específico para floração simultânea, o que pode ser uma característica vantajosa para atrair nectarívoros.

De acordo com os dados fenológicos estimados a assembleia de plantas ornitófilas e não ornitófilas polinizadas por beija-flores foi encontrado um padrão anual de floração entre os dois estágios de sucessionais da vegetação, este padrão encontrado é previsível e comum nas plantas tropicais e geralmente ocorre na mesma época em cada ano (Gentry 1974; Newstrom *et al.* 1994). A duração da floração intermediária da maioria das espécies favoreceu a disponibilidade dos recursos oferecidos aos beija-flores ao longo dos meses. A intensidade da floração possibilitou estimar a porcentagem da fenofase em cada indivíduo (Fournier 1974); que na maioria das espécies estudadas apresentou os maiores valores de intensidade; permitindo mostrar os picos de floração que ocorreram ao longo das fenofases nos meses de setembro a novembro. Isso pode explicar a maior taxa de visitas por beija-flores em plantas com maior intensidade da floração.

Redes de interação mutualística entre beija-flor e plantas

O compartilhamento do uso dos mesmos recursos no estágio avançado de sucessão florestal demonstra que o isolamento de *A. nigricollis* aconteceu devido ao fato desse beija-flor ter visitado apenas uma espécie de planta, o que pode atribuir ao comportamento territorialista. Por outro lado as espécies que compartilham recursos similares estão relacionadas com especializações e generalizações. Com isso

espécies menos especialistas compartilham recursos menos especializados (não ornitófilos) excerto *E. macroura*, *A. cirrochloris* que a maioria dos recursos utilizados foram ornitófilos; já beija-flores especialistas compartilharam mais recursos de espécies de plantas mais especializadas.

No estágio intermediário de sucessão florestal foi constatado que o isolamento de *A. cirrochloris* aconteceu devido ao fato do beija-flor ter visitado apenas uma espécie de planta. E nos grupos formados pelas demais espécies, houve uma maior similaridade entre *E. macroura*, *P. ruber* e *C. mosquitus* que compartilharam alguns recursos similares, sendo que *C. mosquitus* atuou como generalista explorando o maior número de espécies.

Nas redes de interações entre espécies o grau de especialização mostra a importância delas para as diferentes assembleias; O grau representa o número de diferentes espécies de plantas utilizadas pelos beija-flores e em relação às plantas o número de diferentes espécies de beija-flores que visitaram uma determinada planta. No estágio avançado de sucessão florestal as espécies com maior grau de importância foram as florestais (mais especializadas) como *P. ruber* e *E. macoura* são residentes e exploram maior quantidade de recursos disponíveis, contribuindo para a polinização de maior quantidade de plantas, apresentando maiores força de interação com espécies de plantas mais especializadas; junto a *C. mosquitus* que agiu como generalista, apresentando maior peso (força de interação) com espécies menos especializadas e com espécies de plantas mais especializadas uma menor força de interação. Em relação às plantas no estágio avançado de sucessão florestal as espécies com maior grau de importância foram as ornitófilas mais especializadas, como *A. bracteatus*, *P. venusta*, *H. stellata* e *O. lutea* espécie não ornitófila apresentaram maior número de interações por maior número de beija-flores.

Contudo, é importante salientar que especialistas em ambientes vulneráveis apresentam menores graus de especialização devido uma baixa riqueza de plantas especializadas, como no caso de *G. hirsutus* e *P. pretrei* que tiveram menores graus; porém apresentam maior força de interação com as espécies que interagem.

Ajustes morfológicos, como o tipo, a cor e o comprimento da corola são atributos florais das espécies que as tornam mais especializadas. O maior comprimento de corola registrado em alguns estudos na Mata Atlântica, indicam uma maior especialização fenotípica das assembleias de beija-flores e das plantas que

utilizam (Olesen *et al.* 2007; Maryuama *et al.* 2014; Araújo *et al.* 2018).

Já em estágios intermediários de sucessão florestal, poucas espécies generalistas como *C. mosquitos* visitaram maior número de espécies floridas, e *P. ruber* por ser especialista e residente da área, obtiveram maiores graus de importância e maior força de interação com as espécies que interagem, sendo que *C. mosquitos* apresentou maior força de interação e foi visitante exclusivo de *B. virgilioides*. Em relação às plantas *V. procera* por ser ornitófila mais especializada (Araújo *et al.* 2022); juntamente com *L. pacari* e *V. lucida* foram visitadas pelo maior número de espécies de beija-flores.

Os estudos sobre as redes de interação, tanto no estágio avançado quanto no estágio intermediário de sucessão florestal, demonstraram um padrão de modularidade e baixo aninhamento, esse padrão também foi verificado em estudo de Mata Atlântica realizado por Vizentin-Bugoni *et al.* (2014). A modularidade é um padrão comum em redes de interações (Mello *et al.* 2016). Contudo mesmo o padrão verificado sendo o mesmo para os dois estágios a estrutura da rede foi diferenciada entre os estágios corroborando com o estudo realizado por (Cortés-Flores *et al.* 2023) onde as redes de visitantes planta-florais diferiram em estrutura de acordo com o estágio sucessional e a estação, e as métricas de especialização foram maiores nos estágios sucessionais tardios.

Essa estrutura em módulos beija-flores especialistas visitam espécies de plantas ornitófilas e plantas ornitófilas são exploradas pelos beija-flores mais especializados; enquanto plantas não ornitófilas são exploradas pelos beija-flores generalistas, isso pode ter influenciado em um baixo aninhamento na estrutura da rede. Em uma rede modular cada espécie interage preferencialmente dentro de um subgrupo de espécies altamente conectadas, ou conectadas por interações mais intensas e frequentes (Stouffer & Bascompte 2011).

A capacidade de modularidade em redes de interação possibilita o reconhecimento de grupos específicos (módulos) de espécies que se relacionam entre si e de modo menos intenso com espécies fora desses módulos (Olesen *et al.* 2007). Conforme constatado neste estudo, beija-flores especialistas pouco visitaram plantas não ornitófilas e beija-flores mais generalistas pouco visitaram plantas ornitófilas e quando ocorreu houve uma menor força de interação.

Estes módulos podem ser conectados através de especializações específicas ou generalizadas. Como ajustes morfológicos, sazonalidade (Olesen *et al.* 2007; Maruyama *et al.* 2014) ou distribuição espacial (Araújo *et al.* 2018). No caso deste estudo, a condição específica foram os ajustes morfológicos da cor, tipo e comprimento da corola.

Em A1 espécies de beija-flores mais especializadas como *G. hirsutus*, *P. pretrei*, *P. ruber*, *E. macroura*, *A. cirrochloris* e *C. cyanus* visitaram plantas mais especializadas como *A. Bracteatus*, *P. venusta*, *H. stellata*, *H. psittacorum*. Já as espécies menos especializadas de beija-flores como *C. mosquitos*, *A. nigricollis*, *C. lucidus* e *C. fimbriata* visitaram plantas menos especializadas como *O. lutea*, *B. virgilioides*, *V. lucida*, *S. salzmanniana* e *W. lingulata*; em A2 espécies de beija-flores especialistas como *P. ruber*, *E. macroura*, e *C. cyanus* e *C. mosquitos* generalista visitaram *V. procera*, planta mais especializada. Já beija-flores generalistas visitaram plantas menos especializadas, o que contribuiu para a formação de módulos conectados entre si. As espécies de plantas e seus polinizadores ocupam papéis centrais nas redes de interações são espécies fundamentais na formação de sua estrutura e se forem eliminadas pode haver a separação destes módulos (Olesen *et al.* 2007); sendo assim consideradas espécies fundamentais para funcionalidade do sistema que elas compõem.

Estágios sucessionais avançados apresentam maior riqueza de espécies e interações (tamanho da rede) do que seria esperado em estágios sucessionais iniciais e intermediários, mesmo com variação na riqueza de espécies em diferentes estudos (Rocca, 2006; Cortés-Flores *et al.* 2023). Nesse estudo a conectância da rede em A2 foi maior que em A1, isso pode ser justificado por causa do aumento da riqueza em A1 uma vez que o aumento da riqueza de espécies diminui a conectância em redes de interação entre planta-polinizadores e plantas-dispersores (Jordano 1987). Além disso, as especializações, que em razão das restrições ecológicas e evolutivas, restringe as interações (Melo 2010). Nesse sentido as especializações, por exemplo, contribuíram para ocorrência de menor número de ligações (conectância); como ocorreu em A1 a presença de espécies ornitófilas e de fetornitíneos, espécies mais especialistas, influenciaram no valor da conectância.

Em A1 houve uma maior amplitude do grau médio da assembleia de beija-flores do que da assembleia de plantas; em A2, houve uma semelhança no grau médio entre

as assembleias. Este resultado retrata os diferentes números de interações realizadas pelas espécies, o que reflete as diferentes capacidades exploratórias de beija-flores especialistas e generalistas. Os estudos comparativos entre os ambientes apontam que as interações interespecíficas estão mais vulneráveis em A2, com estágio intermediário do que em A1, com estágio avançado de sucessão florestal, porém os dois estágios se encontram vulneráveis a futuras perdas.

Desse modo, a interação planta-animal é importante para manutenção da biodiversidade em áreas de Mata Atlântica, visto que é um dos biomas mais ameaçados de extinção. A utilização de redes de interação para analisar relações mutualísticas entre beija-flores e plantas possibilitou perceber como estas espécies estão vulneráveis nos dois estágios sucessionais, como se relacionam entre si, interdependências e a contribuição para os serviços ecossistêmicos através da polinização, garantindo a coevolução dessas espécies e consequentemente a sua conservação.

CONCLUSÃO

A assembleia de beija-flores diferiu entre as duas áreas de estudo, ocorrendo maior riqueza de espécies em estágios mais avançados de sucessão da vegetação. Os ambientes florestais preservados garantem maior interações específicas. A sazonalidade, a floração e os estágios sucessionais da vegetação foram fatores que influenciaram os recursos oferecidos às espécies de beija-flores, diminuindo a sua ocorrência nos ambientes florestais estudados. Na estação chuvosa houve menor ocorrência de espécies floridas e na estação seca, com o aumento da floração houve maior incidência de beija-flores nos dois estágios sucessionais da vegetação. No que diz respeito às redes de interações foi encontrado um padrão de modularidade entre as espécies de beija-flores e plantas. Os beija-flores mais importantes foram *G. hirsutus*, *P. ruber*, *P. pretrei*, *C. mosquitus* e *E. macroura* e as plantas foram *O. lutea*, *P. venusta*, *A. bracteatus*, *H. stellata*, *V. procera*, *B. virgilioides*, *P. dichroos* e *V. lucida*. Por fim, o estudo traz ferramenta para fomento de estratégias de conservação dos diferentes estágios sucessionais, uma vez que a composição vegetal, modificou a estrutura das redes de interações mutualísticas, formando módulos com espécies que são altamente dependentes umas das outras, devido as especializações e serviço

prestado (polinização), sendo assim espécies fundamentais para manutenção e conservação desses ambientes florestais de Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

- Altmann, J. 1974. Observational sampling methods. *Animal Behaviour*, 49(3): 227–66.
- Araújo, A. C. 1996. Beija-Flores e seus recursos floral numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo. *Dissertação (mestrado)* - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP: 69.
- Araújo, A. C., Martín González, A. M., Sandel, B., Maruyama, P. K., Fischer, E., Vizenin-Bugoni, J., Svenning, J. C. 2018. Spatial distance and climate determine modularity in a cross-biomes plant-hummingbird interaction network in Brazil. *Journal of Biogeography*, 45(8): 1846–1858.
- Arizmendi, Ma. del C. & Ornelas, J. F. 1990. Hummingbirds and Their Floral Resources in a Tropical Dry Forest in Mexico. *Biotropica*, 22(2): 172–180.
- Bascompte, J. & Jordano, P. 2006. The Structure of Plant-Animal Mutualistic Networks. *Mutualistic Networks*: 143–59.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2014. Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. Portaria n. 444. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, (245): 121-126.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 1994. Resolução CONAMA Nº 1, de 31 de janeiro de 1994.
- Buzato, S., M. Sazima & I. Sazima 2000. Hummingbird-pollinated floras at tree Atlantic Forest sites. *Biotropica* 32 (4b): 824- 841.
- Coelho, A. G. 2013. A comunidade de Plantas utilizada por Beija-Flores no Sub-Bosque de um Fragmento de Mata Atlântica da Bahia, Brasil. *Tese (Doutorado)* Universidade Estadual da Bahia, Feira de Santana, BA: 147.
- Coelho, A. G. & Machado, C. G. 2009. Fenologia reprodutiva de *Prepusa montana* Mart. (Gentianaceae) em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasi. *Revista Brasileira de Botânica* 32(2): 405–10.
- Colaço, M. A. S., Fonseca, R.B.S., Lambert, S.M., Costa, C.B.N., Machado, C.G., Borba, E.L. 2006. Biologia reprodutiva de *Melocactus glaucescens* Buining & Brederoo e *M. paucispinus* G. Heimen & R. Paul (Cactaceae), na Chapada

- Diamantina, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29(2): 239–49.
- Cortéz-Flores, J., Mikel, M. L, Hernández H. S., Rodríguez S.M, E. Pérez, J. C, María J. Aguilar, M. J. A., Olvera, F. J. B., Carrillo, O. D., Sayago, R., Fuchs, E. J., Montoya, G. S., Quesada, M. 2023. Efeitos sucessionais e fenológicos nas redes de interação planta-floral do visitante de uma floresta tropical seca. *Journal of Ecology*, 111, 4, 927-942.
- Costanza R., d'Arge; R., Groot, R., Farber, S., Grasso M., Hannon, B., Limburg, Naeem, S., O'Neill, R. V. & Paruelo, J. 1998. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics* 25 (1): 3-15.
- Cruz, D. D. da, Mello, M. A. R. & Van Sluys. M. 2006. Phenology and floral visitors of two sympatric *Heliconia* species in the Brazilian Atlantic forest. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 201(7): 519–27.
- Dormann, C.F., Freund, J., Bluethgen, N. & Gruber B. 2009. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal* 2: 7-24.
- Dormann, C. F., Gruber B. & Freund, J. 2008. Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. *R news* 8(2): 8 - 11.
- Dormann, C.F. 2011. How to be a specialist? Quantifying specialisation in pollination networks. *Network Biology* 1:1 - 20.
- Faegri, K. & Pijl. 1980. The Principles of Pollination Ecology. *Pergamon Press*, New York. 428.
- Feinsinger, P. & Colwell, R. K. 1978. Community organization among neotropical nectar-feeding birds. *Integrative and Comparative Biology* 18(4): 779–95.
- Fonseca, G. A. 1985. The vanishing Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation*, Oxford. 34(1): 17-34.
- Fournier, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24(4): 422-423.
- Newstrom, G. W. Frankie, L. E. & Baker, H.G. 1994. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141.
- Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2018. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, período 2015-2016. *Relatório Técnico*: 65. São Paulo.

- Gentry, A. H. 1974. Coevolutionary patterns in Central American Bignoniaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 61, n. 3, p. 728-759.
- Grantsau, R. 1988. Os Beija-flores do Brasil. *Expressão e Cultura*. 233.
- Guimarães, P. R. & Guimarães. P. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software* 21(10): 1512–13.
- Guimarães, P. R., Sazima, C., Reis, S. F. dos & Sazima. I. 2007. The nested structure of marine cleaning symbiosis: Is it like flowers and bees? *Biology Letters* 3(1): 51–54.
- Jesus, N. G. de (in memoriam), Almeida. G. S. S., Fonseca, M. R. 2017. Diversidade florística de dois remanescentes de Floresta Ombrófila Densa. In: Nunes, J. M. C., Matos, M. R. B. (org) Litoral norte da Bahia: caracterização ambiental, biodiversidade e conservação. *Edufba*. 460.
- Jordano, P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal. *American Naturalist* 129(5): 657–77.
- Jordano, P., Bascompte, J. & Olesen, J. M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters* 6(1): 69–81.
- Justino D.G., Maruyama P. K. & Oliveira P. E. 2012. Floral resource availability and hummingbird territorial behaviour on a Neotropical savanna shrub. *Journal of Ornithology* 153:189-197
- Lara, N. Z., Díaz-Valenzuela, R., Martínez-García, V., López, M. E., Anaid-Díaz S., Valle, I. O., Fisher-de León, A. D., Lara C. & Ortiz-Pulido, R. 2012. Redes de interacción colibrí-planta del centro-este de México. *Revista mexicana de biodiversidad* 8:569-577.
- Leal, F. C., Lopes, A. V. & Machado, I. C. 2006. Polinização por beija-flores em uma área de caatinga no Município de Floresta, Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29(3): 379–89.
- Leimberger, K. G., Dalsgaard, B., Tobias, J. A., Wolf, C., & Betts, M. G. 2022. The evolution, ecology, and conservation of hummingbirds and their interactions with flowering plants. *Biological Reviews*, 97(3), 923-959.
- Lopes, A. V. F. 2002. Polinização por Beija-Flores em Remanescentes da Mata Atlântica Pernambucana, Nordeste do Brasil. *Tese (Doutorado)* - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP: 139.
- Lunau, K., Papiorek, S., Eltz, T., Sazima, M. 2011. Avoidance of achromatic colours

- by bees provides a private niche for hummingbirds. *J Exp Biol* 1(214):1607-12.
- Machado, C. G. 2009. Beija-flores (aves: Trochilidae) e seus recursos florais em uma área de caatinga da chapada diamantina, Bahia, Brasil. *Zoologia* 26(2): 255–65.
- . 2014. A comunidade de beija-flores e as plantas que visitam em uma área de cerrado ralo da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Bioscience Journal* 30(5): 1578–87.
- Machado, C. G., Coelho, A. G., Santana, C. S. & Rodrigues, M. 2007. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, Bahia. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15(2): 267–79.
- Machado, C. G. & Rocca, M. A. 2010. Protocolos para o estudo de polinização por aves. *Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento* 1–17.
- Machado, C. G. & Semir, J. 2006. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (1): 163–74.
- Machado, C. G., Miguel, R. S. & Batista, R. O., 2017. Aves. In: Nunes, J. M. C. Matos, M. R. B. (org.). Litoral norte da Bahia: caracterização ambiental, biodiversidade e conservação. In *Editora da Universidade Federal da Bahia*, 413–29.
- Martín-González, A. M., Allesina, S., Rodrigo, A., Bosch, Jordi. 2012. Drivers of compartmentalization in a Mediterranean pollination network. *Oikos*, v. 121, n. 12, p. 2001–2013.
- Maruyama, P. K., Vizentin-Bugoni, J., Oliveira, G. M., Oliveira, P. E., & Dalsgaard, B. 2014. Morphological and Spatio-Temporal Mismatches Shape a Neotropical Savanna Plant-Hummingbird Network. *Biotropica*, 46(6), 740–747.
- Mello, M. A. R. 2010. Redes mutualistas: pequenos mundos de interações entre animais e plantas. *Ciência Hoje* 47(277): 32–37.
- Mello, M. A. R., Muylaert, R. L., Pinheiro, R. B. P. & Felix, G. M. F. 2016. Guia para análise de redes ecológicas. *Agência brasileira do ISBN*. Belo Horizonte, MG. (1): 107.
- Newstrom, G. W. Frankie, L. E. & Baker, H.G. 1994. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141.

- Olesen, J. M., Bascompte, J., Dupont, Y. L., & Jordano, P. 2007. The modularity of pollination networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(50): 19891–19896.
- Pacheco, J. F., Silveira, L. F., Aleixo, A., Agne, C. E., Bencke, G. A., Bravo, G. A., Brito, G. R. R., Cohn-Haft, M., Maurício, G. N., Naka, L. N., Olmos, F., Posso, S., Lees, A. C., Figueiredo, L. F. A., Carrano, E., Guedes, R. C., Cesari, E., Franz, I., Schunck, F., V. Q. 2021. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee - second edition. *Ornithol. Res.* 29: 94–105.
- Piratelli, A. J. 1997. Comportamento alimentar de beija-flores em duas espécies de *Hippeastrum* Herb. (Amaryllidaceae)". *Revista Brasileira de Biologia* 57:261-273.
- Piacentini, V. & Ribenboim L. 2017. Beija-flores do Brasil. *Aves e Fotos* (1).
- Piacentini, V. Q. & Varassin, I. G. 2007. Interaction network and the relationships between bromeliads and hummingbirds in an area of secondary Atlantic rain forest in southern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 23(06): 663–671.
- Rocca-de-Andrade, M. A. 2006. Recursos floral para aves em uma comunidade de Mata atlântica de encosta sazonalidade e distribuição vertical. *Tese (doutorado)* Universidade Estadual de Campinas-SP: 118.
- Santana, C. S. & Machado. C. G. 2010. Fenologia de floração e polinização de espécies ornitófilas de bromeliáceas em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 33(3): 469–77.
- Schultz, R., Araújo L. C., Sá, F. S. 2012. Bromélias: abrigos terrestres de vida de água doce na floresta tropical. *Natureza on line* 10 (2): 89-92.
- SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. 2010. Estatística dos municípios baianos. *SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia*.
- Sigrist, T. 2014. Guia de campo avis Brasilis - Avifauna Brasileira. *Avis Brasilis* (3).
- Stiles, F. G. 1981. Geographical Aspects of Bird-Flower Coevolution, with Particular Reference to Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68(2): 323–351.
- Stouffer, D. B. & Bascompte J. 2011. Compartmentalization increases food-web persistence. *Proc Natl Acad Sci U S A* 108 (9):3648-52.

Tropicos © 2020. <http://www.tropicos.org/Home.aspx> Acessado 06 maio 2023.

Vizentin-Bugoni, J., Maruyama, P. K., Debastiani, V. J., Duarte, L. S., Dalsgaard, B. & Sazima, M. 2016. Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant-hummingbird network. *Journal of Animal Ecology* 85(1): 262–72.

Whitfeld, T. J. S., Kress, W. J., Erickson, D. L. & Weiblen, G. D. 2012. Change in community phylogenetic structure during tropical forest succession: Evidence from New Guinea. *Ecography* 35(9): 821–30.