

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS - DBIO
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

NATHÁLIA COSTA SILVA ZANDOMENEGUI

**POLIMORFISMO COMO ESTRATÉGIA DE PROTEÇÃO CONTRA PREDAÇÃO
POR AVES: ESTUDO EXPERIMENTAL COM LAGARTAS ARTIFICIAIS**

SOROCABA - SP

2022

NATHÁLIA COSTA SILVA ZANDOMENEGUI

**POLIMORFISMO COMO ESTRATÉGIA DE PROTEÇÃO CONTRA PREDACÃO
POR AVES: ESTUDO EXPERIMENTAL COM LAGARTAS ARTIFICIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Humanas e Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientação: Prof. Dr. Augusto João Piratelli

SOROCABA - SP

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por terem dado suporte e base para que eu ingressasse na graduação e por me darem certa abertura de escolha do caminho que irei trilhar a partir dessa formação. Ao meu pai por ter fornecido todo apoio financeiro durante os quatro anos de moradia em Sorocaba. A minha mãe, Gissele, por apoiar minhas escolhas e por se fazer presente mesmo à distância. Agradeço a minha avó Maria Léa, que sempre foi uma fonte de inspiração de mulher forte e que hoje, mesmo não estando fisicamente presente, me guia e olha por mim, iluminando meu caminho e acalmando meu coração.

Agradeço as minhas amigas, quase irmãs, que fiz durante a graduação. As companheiras de graduação e de casa Vitória, Gabrielly, Daniela, Ana Paula, Fernanda e Stephanny, agradeço fortemente todas nossas trocas, nossas risadas, conversas, companhias e apoio. Graças a vocês me tornei a pessoa que sou hoje.

Aos meus amigos da República CV e República Vasilhame, agradeço todos os momentos descontraídos e de conversas sérias sobre experiência e vivência, principalmente aos meus amigos Rubens, Caetano, Marcelo e Igor. Meus dias foram mais leves com vocês.

Agradeço imensamente meu ex-namorado Calebe. Não existem palavras que descrevam como a nossa relação foi de extrema importância durante toda a graduação. Sem você não conseguiria chegar até aqui. Agradeço por ter me escutado, me apoiado e me acolhido. Agradeço por ter sido a melhor pessoa que eu poderia conviver durante todos nossos anos juntos. Agradeço principalmente por ter me ajudado na execução dessa pesquisa. Sua ajuda e segurança foi essencial para que esse trabalho acontecesse.

Agradeço ao meu orientador Piratelli, por acreditar no meu trabalho e me dar suporte durante toda a graduação. Agradeço a paciência e a compreensão, agradeço todos os ensinamentos e toda a orientação durante a Iniciação Científica. Obrigada por contribuir na minha formação pessoal e profissional.

Agradeço a todos os professores, amigos e colegas de profissão que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui hoje.

*Aquela senhora tem um piano
Que é agradável, mas não é o correr dos rios
Nem o murmúrio que as árvores fazem ...*

*Para que é preciso ter um piano?
o melhor é ter ouvidos
E amar a Natureza.*

- Alberto Caeiro

RESUMO

A predação pode ser considerada uma das interações mais fortes entre indivíduos em comunidades ecológicas, já que o predador aumenta sua aptidão e controla a população de suas presas. Muitas espécies ocupam parte da sua vida evitando predadores e uma boa forma de evitá-los é por meio de variações fenotípicas. O polimorfismo é conhecido como uma estratégia de proteção contra a predação, tendo como consequência o aumento da taxa de sobrevivência individual em populações polimórficas, por dificultar a formação da imagem de busca pelo predador. O objetivo deste estudo foi testar o efeito protetor do polimorfismo em lagartas artificiais contra a predação por aves. Nossa hipótese era de que o polimorfismo influencia na taxa de predação de lagartas artificiais por aves, sendo que a nossa previsão era de que populações polimórficas fossem menos predadas quando comparadas a populações monomórficas. Foram confeccionadas 1280 lagartas artificiais, mimetizando larvas de lepidópteras, de quatro padrões distintos de cores: verde, preta, vermelha e laranja. Essas lagartas foram agrupadas em 32 populações monomórficas e 32 tetramórficas, cada população contendo 20 indivíduos dispostos em substrato foliar de oito pontos diferentes em fragmentos de mata no município de Analândia/SP. De forma complementar, foi feito o levantamento qualitativo das espécies de aves que ocorrem na área do estudo para verificar possíveis predadores das lagartas artificiais. Contrariando a previsão, as populações polimórficas sofreram maior predação quando comparadas às populações monomórficas. Fora isso, populações monomórficas verdes não foram predadas. Acredita-se que a baixa taxa geral de predação das lagartas por aves foi devido à baixa riqueza de espécies de aves insetívoras, a falta de respostas comportamentais por parte das presas artificiais e o sucesso da estratégia de camuflagem por indivíduos verdes tenham contribuído para este resultado.

Palavras-chave: Predadores, imagem de busca, camuflagem, espécies insetívoras.

ABSTRACT

Predation can be considered one of the strongest interactions between individuals in ecological communities, as the predator increases its fitness and controls the population of its prey. Many species spend part of their lives avoiding predators and a good way to avoid them is through phenotypic variations. Polymorphism is known as a protection strategy against predation, resulting in an increase in the individual survival rate in polymorphic populations, as it makes it difficult to form a search image for the predator. The aim of this study was to test the protective effect of polymorphism in artificial caterpillars against predation by birds. Our hypothesis was that polymorphism influences the predation rate of artificial caterpillars by birds, and our prediction was that polymorphic populations would be less preyed upon when compared to monomorphic populations. A total of 1280 artificial caterpillars were made, mimicking lepidopteran larvae, with four different color patterns: green, black, red and orange. These caterpillars were grouped into 32 monomorphic and 32 tetramorphic populations, each population containing 20 individuals arranged in leaf substrate from eight different points in forest fragments in the city of Analândia/SP. In a complementary way, a qualitative survey of the bird species that occur in the study area was carried out to verify possible predators of artificial caterpillars. Contrary to prediction, polymorphic populations suffered greater predation when compared to monomorphic populations. Other than that, monomorphic green populations were not preyed upon. It is believed that the general low predation rate of caterpillars by birds was due to the low species richness of insectivorous birds, the lack of behavioral responses on the part of artificial prey and the success of the camouflage strategy by green individuals have contributed to this result.

Keywords: Predators, search image, camouflage, insectivorous species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos pontos de distribuição de lagartas artificiais do experimento no município de Analândia - SP.	4
Figura 2 - Desenho esquemático da disposição dos pontos e populações de lagartas artificiais.....	5
Figura 3 - Disposição das diferentes populações de lagartas em campo: a,b,c,d: populações monomórficas; e, f: populações polimórficas.	6
Figura 4 - Relação da quantidade de lagartas artificiais encontradas com e sem marcas de predação. Das com marcas de predação, é representado as marcadas por artrópodes e por aves.	8
Figura 5 - Lagartas com marcas de predação após retiradas de campo: (a - d) marcas de predação por artrópodes; (e - h) marcas de predação por aves - escala com intervalos de um centímetro.	9
Figura 6 - Quantidade de lagartas artificiais predadas em populações polimórficas e monomórficas vermelha, laranja e preta.	10
Figura 7 - Mediana e erro padrão da predação das populações polimórficas (Polim), monomórfica laranja (Mon_lar), monomórfica verde (Mon_verd), monomórfica preta (Mon_pret) e monomórfica vermelha (Mon_verm) expostas em campo.....	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista das espécies de aves registradas na área de estudo..... 11

Tabela 2 - Características ecológicas da avifauna da área de estudo 13

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	3
RESULTADOS	8
DISCUSSÃO	14
CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
ANEXOS	27

1. INTRODUÇÃO

A predação consiste no consumo de um organismo (i.e., presa) por outro (i.e., predador ou consumidor), estando a presa viva ao sofrer o ataque (Begon *et al.*, 2007). É considerada a interação mais forte entre indivíduos em comunidades ecológicas, moldando a aptidão do predador e influenciando o controle populacional sobre a presa (Gunnarsson *et al.*, 2018). Os ataques diretos pelos quais as populações de presas são submetidas, provenientes dessa interação interespecífica, contribuem para o desenvolvimento de distintos mecanismos de defesas (e.g., físicas, químicas, morfológicas e comportamentais) (Odum & Barret, 2011). Há gasto energético por parte da presa para que encontros com predadores sejam evitados e/ou ocorra o aumento na chance de sobrevivência caso seja atacado (Townsend, Begon & Harper, 2010). Portanto, muitas espécies ocupam parte da sua vida evitando predadores (Holmér & Green, 2011).

Uma forma de evitar predadores é por meio de variações fenotípicas, em que indivíduos podem reduzir a predação ao apresentarem fenótipos intermediários e sendo crípticos em qualquer dos ambientes por elas ocupados (Holmér & Green, 2011). O polimorfismo é a coexistência de duas ou mais variações geneticamente influenciadas no padrão de cor dentro de uma população (Ford, 1945). Este, quando manifestado no fenótipo dos indivíduos, propicia em ambientes heterogêneos a seleção diferenciada de tais fenótipos (Dajoz, 2005) provocando uma maior viabilidade de populações polimórficas em relação às monomórficas (Wennersten & Forsman, 2009). Esse fato pode provocar implicações evolutivas e ecológicas, como a origem evolutiva e estabelecimento de novos fenótipos por meio da sobrevivência de determinados grupos familiares (Wennersten & Forsman, 2009), o que pode ser considerado uma possível explicação para evolução inicial do aposematismo conspícuo (Marples *et al.*, 1998; Thomas *et al.*, 2003; Ruxton *et al.*, 2019). A redução da predação em populações polimórficas pode influenciar beneficemente as expansões e invasões de espécies e colaborar para o sucesso da colonização (Agrawal, 2001; Pigliucci, 2001; Forsman *et al.*, 2008).

A ideia de que o polimorfismo pode oferecer proteção às presas ao prejudicar os predadores visualmente orientados foi proposta por Poulton (1884). Essa característica é tida como uma resposta adaptativa ao comportamento de consumidores (Bond, 2007) visto que dificulta a formação da ‘imagem de busca’ pelos predadores (Krebs & Davies, 1993). Logo, populações de presas com fenótipos polimórficos estariam expostas a um menor risco de predação (Wennersten & Forsman, 2009). Predadores conseguem formar ‘imagem de buscar’

com apenas um encontro (Leeuwen & Jasen, 2010), geralmente associado com a alta disponibilidade de presas comuns (Begon *et al.*, 2007). Portanto, a ‘imagem de busca’ pode ser modificada conforme a abundância de presas, visto que é considerada um procedimento relativamente rápido (Leeuwen & Jasen, 2010).

Nesse sentido, em espécies gregárias, a alta densidade de indivíduos pode atuar como um sinal para predadores (Endler & Mappes, 2004 ; Beatty *et al.*, 2005) . Grandes agregações podem aumentar o tamanho do estímulo e a eficiência de aprendizado por parte do predador (Hagman & Forsman, 2003; Nilsson & Forsman, 2003), mas também pode ser benéfica às presas devido ao efeito de diluição. Indivíduos de grupos grandes podem correr menos risco de predação quando comparados com indivíduos de pequenos grupos, uma vez que o predador não consegue comer todo o grupo (Lindstedt *et al.*, 2006).

Pesquisas sobre dieta das aves podem permitir a compreensão de informações sobre a estrutura trófica de comunidades e sobre as condições físicas do ambiente (Piratelli & Pereira., 2002; Malanotte *et al.*, 2019; Navarro *et al.*, 2021; Pizo *et al.*, 2021; Oniki-Willis *et al.*, 2022). Contudo, cada vez mais os estudos vão além das determinações qualitativas e quantitativas dos alimentos consumidos pelas aves, o que permite o estudo sobre a complexidade da busca visual, a exigência cognitiva do predador e seus efeitos evolutivos na coloração da presa (Bond, 2007; Mallet-Rodrigues, 2010; Lawrence & Noonan, 2018; Seymoure *et al.*, 2018; Hernández-Agüero *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2021).

Predadores naturais, como aves insetívoras, são importantes consumidores de artrópodes na maior parte dos ecossistemas terrestres (Mooney, 2007; Tvardikova & Novotny, 2012; Sam *et al.*, 2015) além de consumidores vorazes de pragas de culturas (Karp *et al.*, 2013), principalmente em sua época reprodutiva, quando a quantidade de lagartas na alimentação dos filhotes pode exceder 90% (Seki & Takano, 1998). Esse consumo insetos herbívoros (e.g., lagartas) indica um papel fundamental das aves nos serviços dos ecossistemas florestais e sistemas agrícolas (Dahlsten *et al.*, 1990; Greenberg *et al.*, 2000; Hooks *et al.*, 2003; Fayt *et al.*, 2005 , Ji *et al.*, 2008 , Van Bael *et al.*, 2008, Ferrante *et al.*, 2017, Piratelli *et al.*, 2019) reduzindo de 20 a 70% de lagartas nesses ambientes (Berezki *et al.*, 2014), contribuindo dessa forma para a redução das densidades de pragas herbívoras e seu ataque às plantas (Holt & Barfield, 2013) e, conseqüentemente, para o aumento significativo na produtividade das culturas (Mols & Vísser, 2002; Barbaro *et al.*, 2017).

As larvas de Lepidoptera apresentam mecanismos antipredatórios fenotípicos diversos, como manchas oculares que podem protegê-las de predadores visualmente orientados (Hossie & Sherratt, 2012; Hossie & Sherratt, 2013) e coloração aposemática, relacionado ao efeito de aprendizado do predador (Kloss, 2011), visto que, técnicas contra predação associadas a diferentes fenótipos das presas, assegura a elas vantagem seletiva (Dajoz, 2005). Porém, a observação direta e a medição da predação real em insetos são impedidas geralmente por seu tamanho pequeno, velocidade e infreqüência de ataques, e por falta de vestígios (Low *et al.* 2014). Portanto, torna-se viável a utilização de modelos artificiais como a simulação de lagartas artificiais (Loiselle & Farji-Brener, 2002; Koh & Menge, 2006; Posa *et al.*, 2007; Richards & Coley 2007; Faveri *et al.* 2008; Wennersten & Forsman, 2009; Hossie & Sherratt, 2012; Bereczki, 2014 ; Muiruri *et al.*, 2016; Gunnarsson *et al.*, 2018). Os estudos semelhantes a este trabalho realizados no Brasil avaliaram a variações espaciais e temporais no ataque a lagartas (Faveri *et al.*, 2008; Moreno & Ferro, 2012) características morfológicas e comportamentais (Chaves, 1998) ou simplesmente a preferência por presas crípticas ou aposemáticas (Vieira *et al.*, 2005; Kloss, 2011).

Nesse estudo, foi testada a hipótese de que o polimorfismo influencia na predação de lagartas artificiais contra predadores visualmente orientados. Nossa previsão é que indivíduos de populações polimórficas têm menor risco de predação do que aqueles de populações monomórficas, o que está associado ao efeito de diluição da formação de imagem de busca pelos predadores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Analândia, categorizada como Estância Climática, ocupa área de aproximadamente 326 km² com altitudes médias de 677m, localizada na região centro-leste do estado de São Paulo, à 230 km da capital do estado (Fig. 1). No município é possível encontrar remanescentes florestais de Floresta Estacional Semidecidual (Kronka *et al.*, 2005; SIFESP, 2009), na presença de riachos Floresta Estacional Aluvial e manchas de Savana em regiões menos acidentadas que não existem atividades agropecuárias (Almeira-Scabbia, 2001). O uso de solo predominante no município é por pastagens e cultivo de cana-de-açúcar (Perinotto, 2007).

A região apresenta clima tropical de altitude (Cwa) de Köppen (1948), possuindo duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa entre outubro e março, e a outra seca, entre abril e setembro. A temperatura média varia entre 17°C e 25°C e a precipitação pluviométrica anual é de 1.328 mm (Ferreira, 2005).

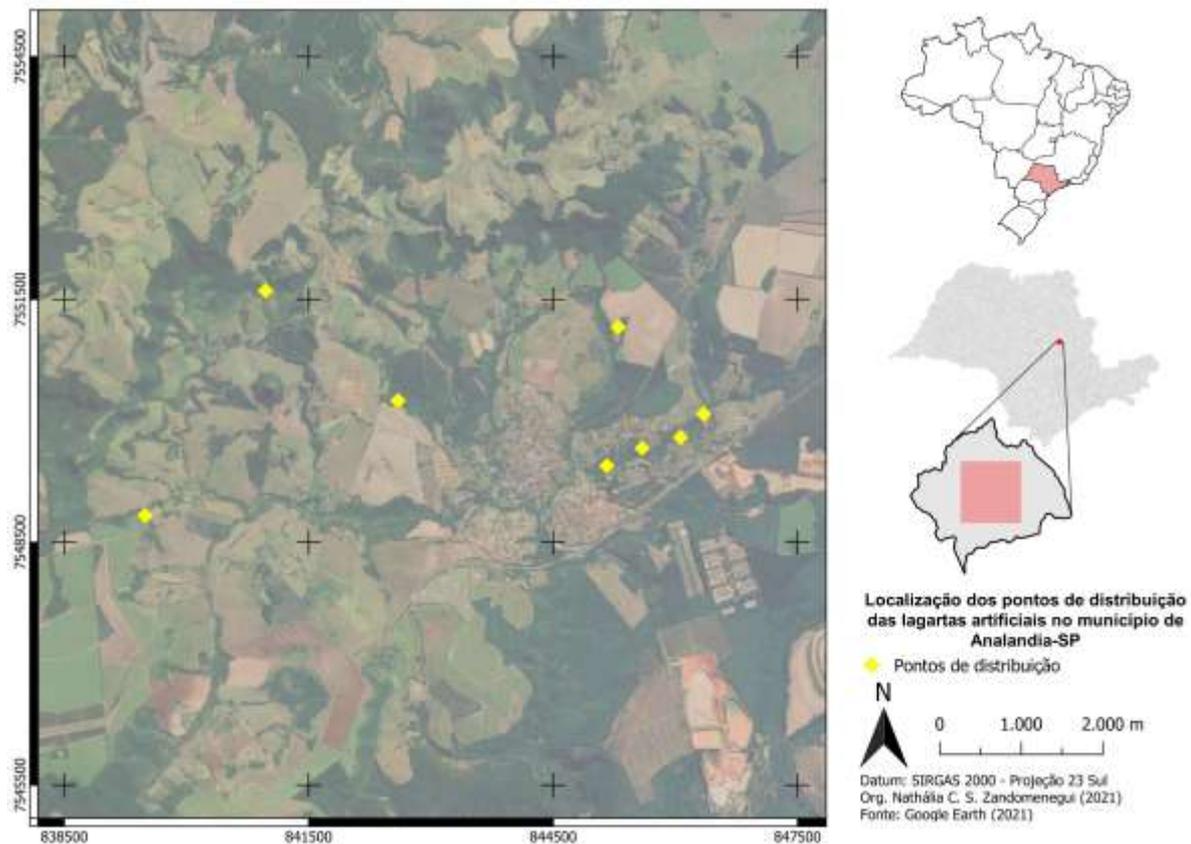


Figura 1 - Localização dos pontos de distribuição de lagartas artificiais do experimento no município de Analândia - SP.

Desenho experimental

Para avaliar o polimorfismo como estratégia de proteção em populações de lepidópteros, foram utilizadas lagartas artificiais de quatro cores em quantidades iguais em populações polimórficas e monomórficas, o que resultou em um número de indivíduos idêntico para cada cor de presa. Desta forma, a preferência alimentar não teve influência da abundância de presas oferecidas no experimento. Foram confeccionadas 1280 lagartas artificiais de 20 mm de comprimento e 5 mm de diâmetro, de quatro cores diferentes: laranja, preta, verde e vermelha, a partir de plasticina Acrilex®, atóxica e resistente à água (MAAS *et al.*, 2015), e posteriormente mantidas em tubos Eppendorf. Lagartas artificiais têm sido muito utilizadas pelo fato de fornecer medidas relativas de predação em variados habitats (Loiselle & Farji-

Brener, 2002; Koh & Menge, 2006; Posa *et al.*, 2007; Richards & Coley 2007; Faveri *et al.*, 2008; Muiruri *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2020) e por ser uma técnica simples, de baixo custo, que não requer equipamentos ou procedimentos elaborados, além de ser resistente a condições de campo (Howe *et al.*, 2009).

As 1280 lagartas foram divididas em oito pontos (Fig. 2) e, em cada ponto, foram dispostas oito populações (quatro policromáticas e quatro monocromáticas), de 20 lagartas cada. As populações policromáticas foram constituídas de cinco lagartas vermelhas, cinco laranjas, cinco verdes e cinco pretas, e as populações monocromáticas foram constituídas de 20 lagartas da mesma cor. Cada ponto abrigou uma população monocromática de cada cor, somando um total de quatro populações monocromáticas por ponto.

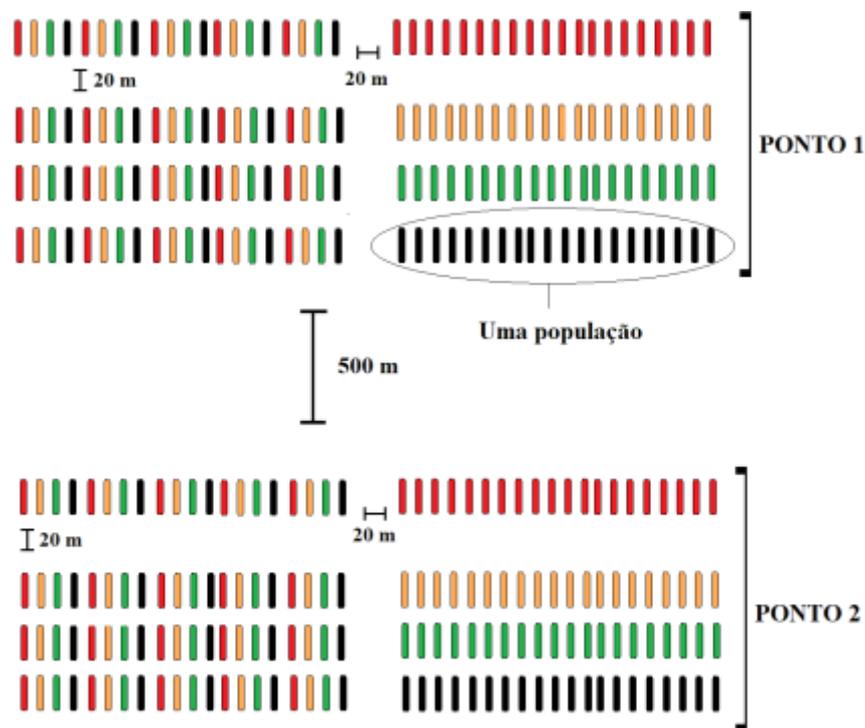


Figura 2 - Desenho esquemático da disposição dos pontos e populações de lagartas artificiais.

As lagartas foram fixadas na vegetação arbustiva a aproximadamente 1,5 m do solo na superfície adaxial da folha usando cola branca (Figura 3). Em cada ponto, as populações foram colocadas a 20 m de distância entre si, e foi respeitada uma distância mínima de 500 metros entre os pontos para evitar o aprendizado das aves e a autocorrelação espacial durante o experimento

Após colocadas, as lagartas foram verificadas e retiradas depois de dez dias. As lagartas encontradas com marcas de bicadas foram consideradas predadas; as não encontradas foram consideradas como perdidas e não foram consideradas nas análises. Para análise das marcações, foi utilizado como referência estudos de mesma metodologia, como Howe, Lövei & Nachman (2009); Tvardikova & Novotny (2012), Low *et al.* (2014) e Meyer *et al.* (2017). Desta forma, lagartas que apresentaram marcações que não correspondem a bicadas por aves, foram desconsideradas.



Figura 3 - Disposição das diferentes populações de lagartas em campo: a, b, c, d: populações monomórficas; e, f: populações polimórficas.

Levantamento da ocorrência de espécies de aves

Para melhor avaliar e entender a avifauna local como potencial consumidora das presas artificiais, foi feito o levantamento qualitativo das espécies presentes na área de e um estudo ecológico sobre essas aves, verificando suas cadeias tróficas, sensibilidade ambiental e dependência florestal. O levantamento seguiu a metodologia dos pontos de escuta (point counts) (Vielliard & Silva, 1990), que consistiu em realizar o levantamento das espécies locais por meio da visão, com o auxílio de binóculos, e audição, com auxílio de gravador. Foram realizadas duas amostragens de 10 minutos (uma no período da manhã e outra no período da tarde) em dois dias distintos em cada ponto, com raio de 50 metros, enquanto as lagartas estiveram distribuídas nos pontos, totalizando um esforço amostral de 320 minutos.

O grau de sensibilidade das espécies frente a alterações ambientais seguiu Stotz et al. (1996) e foi classificado em: alta sensibilidade para espécies exigentes em relação ao habitat, com baixa plasticidade ambiental; média sensibilidade para espécies relativamente exigentes quanto à conservação da área; baixa sensibilidade para espécies que suportam distúrbios no habitat, podendo até mesmo ser beneficiada por eles.

Para o estabelecimento do grau de dependência de ambientes florestais utilizou-se Parker III et al (1996) como referência. Foram classificadas como (d) dependentes as espécies de aves que se alimentam e se reproduzem principalmente em florestas; (sd) semidependentes as espécies que se reproduzem em ambientes florestais e savânicos; (i) independentes as espécies que se reproduzem e se alimentam em formações savânicas.

Os dados sobre a categoria trófica das espécies seguiram as informações de Wilman et al. (2014). Espécies que apresentam predominância $\geq 60\%$ foram classificadas nos seguintes grupos alimentares: insetívoros, espécies que se alimentam majoritariamente de insetos; carnívoros, dieta composta principalmente de vertebrados em geral (outras aves, mamíferos, peixes, anfíbios e/ou répteis); frugívoros, predomínio de frutas na dieta; granívoros, dieta composta predominantemente por sementes, e nectarívoros, predomínio de néctar. As espécies que não apresentaram predominância para serem classificadas em alguma das categorias citadas, foram apontadas como onívoras.

As espécies também foram classificadas em relação ao seu grau de ameaça de extinção em nível global, de acordo com a lista da “IUCN Red List of threatened species” (IUCN, 2022). Por fim, a lista do levantamento da avifauna foi organizada seguindo o ordenamento taxonômico do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO 2021).

Análise dos resultados

Inicialmente, os dados foram testados para normalidade utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk. Para avaliar a diferença na predação de lagartas de populações monomórficas em relação a populações polimórficas foram utilizados testes de comparação de médias de Kruskal-Wallis, seguida do teste de Mann-Whitney par a par, comparando a predação das populações monomórficas de cada cor em relação a predação das populações polimórficas. Todas as análises foram executadas no programa PAST (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

3. RESULTADOS

Em nosso experimento, 1280 lagartas artificiais foram expostas e 1130 foram recuperadas após o período de dez dias de exposição. Todas as 150 não encontradas foram removidas do conjunto de dados antes das análises. Do total encontrado, 148 lagartas artificiais (13,1%) apresentaram marcas de predação por aves ou artrópodes. Destas 148 lagartas predadas, apenas 19 das marcações eram de aves (12,8%), enquanto todos os outros ataques foram atribuídos a artrópodes (87,2%) (Figura 4 e 5).

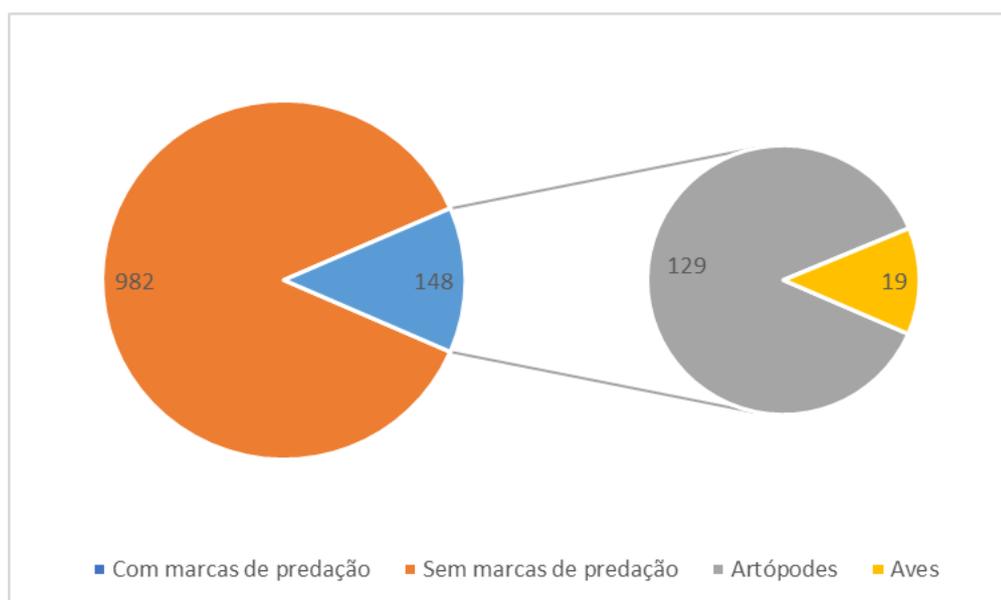


Figura 4 - Relação da quantidade de lagartas artificiais encontradas com e sem marcas de predação. Das com marcas de predação, são representadas as marcadas por artrópodes e por aves.

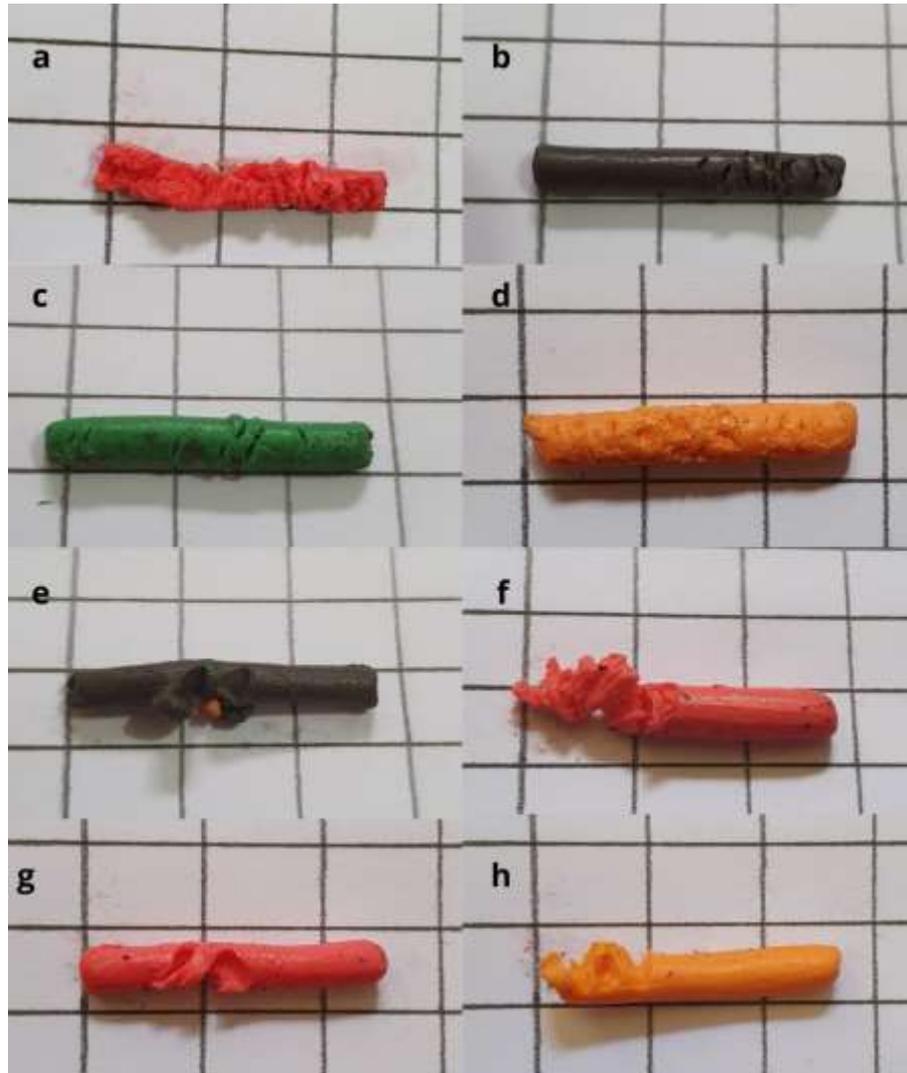


Figura 5 - Lagartas artificiais com marcas de predação após retiradas de campo: (a - d) marcas de predação por artrópodes; (e - h) marcas de predação por aves - escala com intervalos de 1 centímetro.

Considerando apenas a predação por aves, foram observadas 12 lagartas com marcações em populações polimórficas (63,2%) e sete em populações monomórficas (36,8%). Entre as populações monomórficas, quando comparadas, foi possível observar um maior consumo de lagartas na população de lagartas vermelhas, totalizando quatro lagartas predadas, seguida da população monomórfica laranja, com duas indivíduos predados e população monomórfica preta, com apenas uma lagarta artificial predada. Por fim, não houve predação por aves em populações monomórficas verdes. (Figura 6).

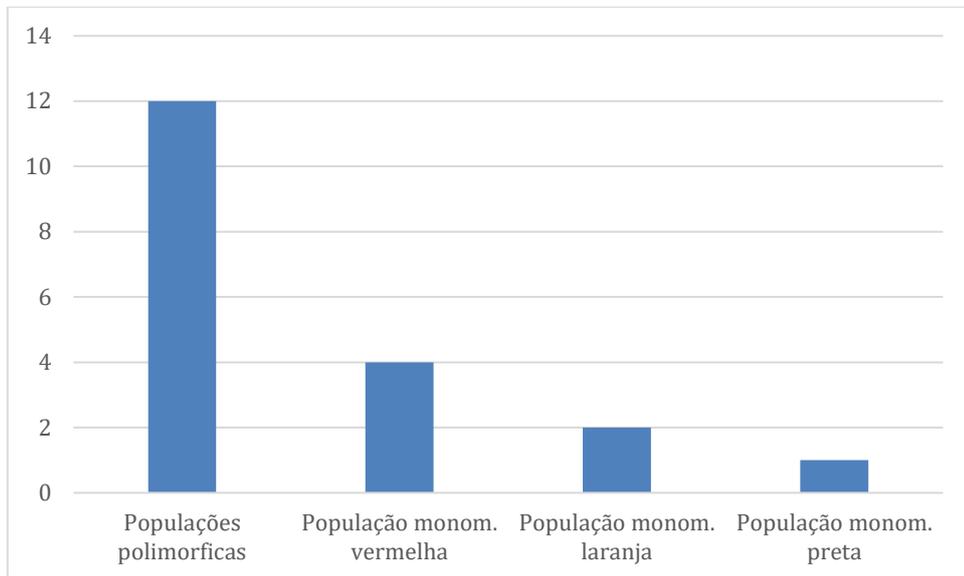


Figura 6 - Quantidade de lagartas artificiais predadas em populações polimórficas e monomórficas vermelha, laranja e preta.

Foi registrado diferença na predação de lagartas entre essas duas populações ($p < 0,005$). Quando comparado a taxa de predação das populações polimórficas com as diferentes cores de populações monomórficas, a única que não apresentou diferença em relação às populações polimórficas foi da população monomórfica vermelha ($p > 0,05$), enquanto as populações laranja, verde e preta mostraram diferença significativa ($p < 0,02$; $p < 0,004$; $p < 0,01$, respectivamente, Fig. 7).

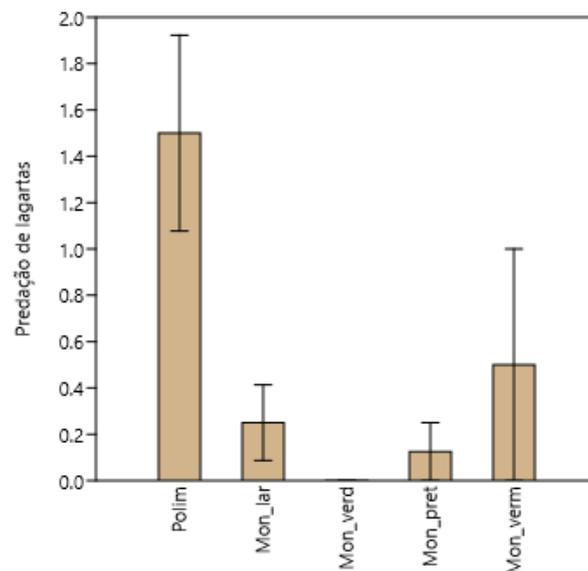


Figura 7 - Mediana e erro padrão da predação das populações polimórficas (Polim), monomórfica laranja (Mon_lar), monomórfica verde (Mon_verd), monomórfica preta (Mon_pret) e monomórfica vermelha (Mon_verm) expostas em campo.

Foram registradas 47 espécies de aves, representando 26 famílias. As famílias com maior número de espécies registradas foram Tyrannidae e Thraupidae, com oito e sete espécies respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Lista das espécies de aves registradas na área de estudo.

Táxon	Nome Popular	St	CAT	SENS	DAF
Columbidae					
<i>Patagioenas picazuro</i>	Asa-branca	LC	F	m	I
<i>Zenaida auriculata</i>	Avoante	LC	G	b	I
Cuculidae					
<i>Piaya cayana</i> *	Alma-de-gato	LC	O	b	Sd
Trochilidae					
<i>Phaethornis pretrei</i>	Rabo-branco-acanelado	LC	N	b	Sd
Threskiornithidae					
<i>Mesembrinibis cayennensis</i> *	Coró-coró	LC	I	a	I
Momotidae					
<i>Baryphthengus ruficapillus</i> *	Juruva	LC	O	m	D
Ramphastidae					
<i>Ramphastos toco</i> *	Tucanuçu	LC	O	m	I
Picidae					
<i>Picumnus albosquamatus</i> *	Picapauzinho-escamoso	LC	I	m	Sd
Cariamidae					
<i>Cariama cristata</i> *	Seriema	LC	I	m	I
Falconidae					
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Acauã	LC	C	b	Sd
Psittacidae					
<i>Brotogeris chiriri</i>	Periquito-de-encontro-amarelo	LC	F	b	Sd
<i>Psittacara leucophthalmus</i>	Periquitão	LC	F	b	I
Thamnophilidae					
<i>Thamnophilus doliatus</i> *	Choca-barrada	LC	I	b	I
<i>Thamnophilus caeruleus</i> *	Choca-da-mata	LC	I	b	D
Dendrocolaptidae					
<i>Xiphorhynchus fuscus</i> *	Arapaçu-rajado	LC	I	a	D
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i> *	Arapaçu-do-cerrado	LC	I	m	I
Furnariidae					
<i>Automolus leucophthalmus</i> *	Barranqueiro-de-olho-branco	LC	I	m	D
<i>Synallaxis frontalis</i> *	Petrim	LC	I	b	Sd
Pipridae					

<i>Antilophia galeata</i>	Soldadinho	LC	F	a	D
Rhynchocyclidae					
<i>Todirostrum cinereum</i> *	Ferreirinho-relógio	LC	I	b	I
Tyrannidae					
<i>Camptostoma obsoletum</i> *	Risadinha	LC	I	B	I
<i>Elaenia flavogaster</i> *	Guaracava-de-barriga-amarela	LC	O	B	I
<i>Pitangus sulphuratus</i> *	Bem-te-vi	LC	O	B	I
<i>Machetornis rixosa</i> *	Suiriri-cavaleiro	LC	I	B	I
<i>Megarynchus pitanguá</i> *	Neinei	LC	O	B	Sd
<i>Empidonomus varius</i> *	Peitica	LC	I	B	Sd
<i>Fluvicola nengeta</i> *	Lavadeira-mascarada	LC	I	B	I
<i>Lathrotriccus euleri</i> *	Enferrujado	LC	I	M	Sd
Vireonidae					
<i>Cyclarhis gujanensis</i> *	Pitiguari	LC	O	B	Sd
<i>Vireo chivi</i> *	Juruviara	LC	I	B	D
Corvidae					
<i>Cyanocorax cristatellus</i> *	Gralha-do-campo	LC	O	M	I
Hirundinidae					
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> *	Andorinha-pequena-de-casa	LC	I	B	I
<i>Tachycineta leucorroha</i> *	Andorinha-de-sobre-branco	LC	I	B	I
Troglodytidae					
<i>Troglodytes musculus</i> *	Corruira	LC	I	B	I
Turdidae					
<i>Turdus leucomelas</i> *	Sabiá-barranco	LC	O	B	Sd
<i>Turdus rufiventris</i> *	Sabiá-laranjeira	LC	O	B	I
Fringillidae					
<i>Euphonia chlorotica</i>	Fim-fim	LC	F	B	Sd
Passerellidae					
<i>Zonotrichia capensis</i>	Tico-tico	LC	G	B	I
Icteridae					
<i>Molothrus bonariensis</i> *	Chupim	LC	O	B	I
Parulidae					
<i>Basileuterus culicivorus</i> *	Pula-pula	LC	I	M	Sd
Thraupidae					
<i>Tersina viridis</i> *	Saí-andorinha	LC	O	M	Sd
<i>Coereba flaveola</i> *	Cambacica	LC	O	B	I
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	LC	G	B	I
<i>Ramphocelus carbo</i> *	Pipira-vermelha	LC	O	M	Sd
<i>Sicalis flaveola</i>	Canário-da-terra	LC	G	B	I
<i>Tangara sayaca</i> *	Sanhaçu-cinzento	LC	O	B	I
<i>Tangara cayana</i> *	Saíra-amarela	LC	O	M	I

Categorias tróficas (CAT): O = onívoro, C = carnívoro, F = frugívoro, I = insetívoro, N = nectarívoro, G = granívoro; sensibilidade a perturbações ambientais (SENS): a = alta, m = média, b = baixa; grau de dependência

de ambientes florestais (DAF): d = dependente, sd = semi-dependente, i = independente; St: status de conservação das espécies de acordo com IUCN, LC = pouco preocupante.

(*) Espécies consideradas possíveis predadoras das lagartas artificiais devido sua categoria trófica.

Considerando o grau de dependência de ambientes florestais, aproximadamente 32% (15) das espécies foram classificadas como semidependentes, 55,3% (26) independentes e apenas 12,8% (6) como dependentes de florestas para se alimentarem e reproduzirem. Em relação à sensibilidade ambiental, 31 espécies apresentaram baixa sensibilidade, 13 média e somente 3 espécies foram sensíveis, sendo elas o coró-coró (*Mesembrinibis cayennensis*), o arapaçu-rajado (*Xiphorhynchus fuscus*) e o soldadinho (*Antilophia galeata*). No que se refere a ecologia trófica, a maioria das espécies levantadas são insetívoras (42,5%), seguidas de espécies consideradas onívoras (34,1%), frugívoras (10,6%), granívora (8,5%) e carnívora e nectarívora (2,1% cada). Todas as espécies levantadas são classificadas como pouco preocupantes na lista vermelha da IUCN (2022). (Tabela 2).

Para sugerir os possíveis predadores das lagartas artificiais, foram consideradas as espécies classificadas como insetívoras e onívoras, totalizando 36 espécies, ou seja, 76,6% do total de espécies registradas na área de estudo.

Tabela 2 - Características ecológicas da avifauna da área de estudo.

Grau de dependência de ambientes florestais	nº de espécies	%
Dependente	6	12,8
Semidependente	15	31,9
Independente	26	55,3
Sensibilidade à perturbação ambiental		
Alta	3	6,4
Média	13	27,7
Baixa	31	65,9
Categoria trófica		
Insetívoro	20	42,5
Onívoro	16	34,1
Carnívoro	1	2,1
Frugívoro	5	10,6
Granívoro	4	8,5
Nectarívoro	1	2,1

4. DISCUSSÃO

Contrário ao que foi previsto, as lagartas de populações polimórficas foram mais predadas do que as de populações monomórficas. Não houve predação sobre as lagartas verdes, evidenciando um possível efeito da camuflagem na proteção individual.

O consumo de lagartas por aves registrado nesses fragmentos foi baixo, com aproximadamente 1,7% das 1130 lagartas artificiais encontradas na retirada do experimento apresentando marcas de predação por aves. Esse resultado pode ser reflexo da qualidade do ambiente e da diversidade de possíveis predadores que ali se encontram. O município de Analândia é marcado pelo uso de solo predominantemente de pastagens e cultivo de cana-de-açúcar (Perinotto, 2007) e o presente experimento foi testado em fragmentos que margeiam essas áreas. Apesar de as aves serem altamente móveis, elas não se encontram livres de tal devastação, visto que muitas espécies são especialistas em habitats e incapazes de se dispersar por áreas abertas (Lees & Peres, 2008). Dessa forma, a perda de habitats causados pela fragmentação de florestas eleva a probabilidade de migração e extinção de espécies, resultando na redução da diversidade avifaunística da área (Manhães & Loures-Ribeiro, 2011) e, conseqüentemente, afetando o funcionamento de sistemas humanos-naturais acoplados, comprometendo importantes serviços ecossistêmicos. (Whelan et al., 2008; Echeverri et al., 2021).

Em relação à caracterização ecológica de todas as aves encontradas no local de estudo, aproximadamente 65% das espécies demonstram sensibilidade baixa aos efeitos de perturbações ambientais. Outras 27,7% são classificadas como de média sensibilidade e apenas 6,4% possuem sensibilidade alta. Espécies de alta sensibilidade a distúrbios ambientais são boas indicadoras de estado de conservação de uma área (Anjos *et al.*, 2009) e, no nosso caso, como apenas três espécies registradas demonstram essa sensibilidade, pode-se considerar a área de estudo pouco conservada. Como a maioria apresenta baixa sensibilidade, isso demonstra o prevalecimento de espécies capazes de resistir a alterações ambientais, tais como a perda, o isolamento e a degradação da floresta.

Referente a dependência de ambientes florestais, há dominância de aves independentes e semidependentes (87% do total), ou seja, espécies adaptadas a ambientes abertos como capoeira e pastagens. Os dados indicam que a comunidade de aves é composta majoritariamente por espécies relativamente tolerantes a alterações em seus habitats, e, dessa forma, refletem o histórico e atual uso do solo na área para atividades antrópicas como os pastos e a monocultura. Portanto, é possível considerar que a baixa predação de lagartas artificiais se deve ao fato de a

área ser pouco conservada e por isso podem apresentar menor taxa de predação quando comparadas com ambientes mais complexos e com alta biodiversidade (Poch & Simonetti, 2013).

Além disso, se considerarmos a necessidade da presença de espécies insetívoras como possíveis predadoras dos modelos de lagartas, o fato do ambiente ser perturbado e pouco conservado, afeta negativamente a presença dessas no local, visto que a maioria das aves insetívoras são dependentes de ambiente florestal e apresentam sensibilidade ambiental alta à fragmentação (GRAY et al., 2007). Isso fica evidente em nosso estudo se analisarmos os status de dependência e sensibilidade das espécies insetívoras encontradas. Das 16 espécies que ocorreram no local, apenas quatro são consideradas dependentes de ambientes florestais e duas com alta sensibilidade ambiental. Dessa forma, o nível de conservação do ambiente pode ter interferido negativamente na riqueza de espécies insetívoras e, por conseguinte, de espécies potencialmente predadoras de lagartas artificiais presentes na área de estudo

A taxa de predação por aves das populações polimórficas superou de forma significativa a taxa de predação das populações monomórficas verde, laranja e preta, e apenas a população monomórfica vermelha apresentou uma diferença não significativa de predação. Assim como em nosso trabalho, Wennersten & Forsman (2009) também obtiveram resultado diferente da ideia proposta por Poulton (1884) de que o polimorfismo pode oferecer proteção para presas ao dificultar a eficiência de busca de predadores visualmente orientados. Segundo eles, a estratégia do polimorfismo na proteção contra predação pode passar despercebido já que as presas artificiais não se comportam como presas reais. A seleção realizada por predadores visualmente orientados não é definida necessariamente pela coloração da presa, mas sim da interação dela com outras características (Brodie, 1992; Forsman, 1995; Forsman & Appelqvist, 1998; Sam et al., 2015a).

A otimização do forrageamento envolve a plasticidade comportamental, com respostas de curto prazo às variações espaço-temporais das presas. A detecção visual de presas por aves deve seguir pistas que são aprendidas e que otimizam a eficiência de forrageamento, mesmo em ambientes heterogêneos e imprevisíveis (Ishii & Shimada, 2010). A habilidade de testar diversas presas com cores distintas, pode em parte explicar a maior taxa de predação em populações polimórficas no presente experimento. Além disso, Wennersten & Forsman (2009) sugerem que talvez o polimorfismo apresente sucesso contra predação em comparação a algumas populações monomórficas, mas não todas. Nosso estudo mostrou que populações monomórficas verdes não sofreram nenhuma predação, diferente das demais populações monomórficas. Este resultado deve-se possivelmente à ocorrência da estratégia de camuflagem

visual, visto que todas as lagartas foram posicionadas em substratos foliares (Figura 3). Segundo Lichter-Marck *et al.* (2015), lagartas camufladas podem sofrer risco de predação dependendo de suas características morfológicas e comportamentais, já que o baixo risco de predação por aves está associado a altos valores de latência de localização por predadores humanos, evidenciando a camuflagem como uma defesa eficaz, visto que a latência para detecção pode ser significativa na natureza já que aves insetívoras permanecem por tempo limitado em um único local a procura de presas e depois se deslocam para outro. Além disso, foi observado que lagartas que possuíam movimentos limitados aumentavam o sucesso da defesa por camuflagem. Portanto, o uso de lagartas artificiais imóveis pode ter colaborado positivamente para o êxito da estratégia de camuflagem, reduzindo a predação por aves.

Por outro lado, a falta de mobilidade por parte da presa pode explicar a alta taxa de predação por artrópodes. Acredita-se que as respostas comportamentais podem ter evoluído em resposta a predadores invertebrados, como formigas, contra os quais podem ser eficientes (Stamp, 1986; Bowers, 1993; Johnson, 2014). Além disso, outra explicação para essa alta taxa de predação é que esses predadores não são orientados visualmente, como por exemplo as formigas que são orientadas por produtos químicos (Oliveira *et al.*, 2020). Ademais, nosso estudo contribui, em termos de composição de predadores, que os artrópodes são os principais predadores em todos os tipos de uso da terra, confirmando a tendência global (Leles *et al.*, 2017; Roslin *et al.*, 2017; Tiede *et al.*, 2017).

5. CONCLUSÕES

Este estudo testou a teoria do polimorfismo como estratégia contra predação. Diferente ao que foi previsto, as lagartas de populações polimórficas foram mais predadas do que as de populações monomórficas. Sugere-se que esse resultado foi obtido devido à baixa taxa de predação das lagartas artificiais expostas na superfície foliar em razão ao baixo nível de conservação do ambiente que, conseqüentemente, apresenta menor riqueza de espécies de aves e, portanto, possui poucas espécies com potencial predatório das lagartas (espécies insetívoras e onívoras). Além disso, foi também considerado que a falta de respostas comportamentais por parte das presas artificiais pode ter interferido nesse resultado. Ademais, preconiza-se que o polimorfismo apresente sucesso contra predação em comparação a algumas populações monomórficas, mas não todas, já que não houve predação sobre as lagartas verdes, evidenciando um possível efeito da camuflagem na proteção individual. Com isso, podemos

concluir com esse trabalho que apesar de não conseguirmos detectar o polimorfismo como uma estratégia de proteção, não podemos rejeitar a teoria.

Estudos sobre a dieta de aves e a interação dessas com suas presas é de grande importância para conservação desses animais já que esses desempenham indispensáveis serviços ecossistêmicos e estão largamente ameaçados por perda e fragmentação de seus habitats.

Com os dados aqui obtidos, recomenda-se a realização de mais estudos relacionados ao assunto, em áreas mais conservadas e com um maior número de amostragem e, alternativamente, a realização de pesquisas com lagartas reais para testar a teoria em condições naturais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-SCABBIA, R.J. 2001. **Análise da relação vegetação-solo em três cotas altitudinais na floresta estacional semidecidual ocorrente em cuesta basáltica (“Parque Rawitscher”, Fazenda Pedra Vermelha, município de Analândia - SP)**. 173 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2001.

AGRAWAL, A. A.. 2001. **Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species**. Science, 294(5541), 321-326.

ANJOS, L, BOCHLO, G.M., CAMPOS, J.V., McCRATE, G.B. & PALOMINO, F. 2009. **Sobre o uso de níveis de sensibilidade de aves à fragmentação florestal na avaliação da Integridade Biótica: um estudo de caso no norte do Estado do Paraná, sul do Brasil**. Rev. Bras. Ornitól. 17(1):28-36.

BARBARO, L., RUSCH, A., MUIRURI, E. W., GRAVELLIER, B., THIERY, D. & CASTAGNEYROL, B. 2017. **Avian pest control in vineyards is driven by interactions between bird functional diversity and landscape heterogeneity**. Journal of applied ecology, 54(2), 500-508.

BEATTY, C. D.; RODERICK, S. B. & SHERRATT, T. N. 2005. **The evolution of aggregation in profitable and unprofitable prey.** *Anim Behav* 70:199–208

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. 2007. **A Natureza da Predação.** In: _____. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. p. 264-296.

BERECZKI, K., ÓDOR, P., CSÓKA, G., MAG, Z., & BÁLDI, A. 2014. **Effects of forest heterogeneity on the efficiency of caterpillar control service provided by birds in temperate oak forests.** *Forest Ecology and Management*, 327, 96-105.

BOND, A. B. 2007. **The Evolution of Color Polymorphism: Crypticity, Searching Images, and Apostatic Selection.** *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, v. 38, p. 489-514, ago.

BOWERS, M. D. 1993. **Aposematic caterpillars: lifestyles of the warningly colored and unpalatable.** – In: Stamp, N. E. and Casey, T. M. (eds), *Caterpillars: ecological and evolutionary constraints on foraging*. Chapman and Hall, pp. 331–371.

BRODIE, E. D. 1992. **Correlational selection for colour pattern and antipredator behaviour in the garter snake *Thamnophis ordinoides*.** *Evolution* 46, 1284–1298. (doi:10.2307/2409937)

CHAVES, G.W. 1998. **A influência de características morfológicas e comportamentais de lagartas no ataque de predadores: um estudo experimental com larvas artificiais.** 99f. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas, área de Ecologia. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. Campinas.

Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (2021) **Lista das Aves do Brasil.** 13ª Edição. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br/listas/>>. Acesso em: jul. 2022.

DAHLSTEN, D. L., COPPER, W. A., ROWNEY, D. L., & KLEINTJES, P. K. 1990. **Quantifying bird predation of arthropods in forests.** *Studies Avian Biol*, 13, 44-52.

DAJOZ, R.. 2005. **Princípios de Ecologia.** Editora: Artmed. 7ªed. Porto Alegre. p. 144-145.

ECHEVERRI, A., KARP, D. S., FRISHKOFF, L. O., KRISHNAN, J., NAIDOO, R., ZHAO, J., ZOOK, J., & CHAN, K. M. A. 2021. **Avian cultural services peak in tropical wet forests.** *Conservation Letters*, 14, e12763. <https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1111/conl>.

- ENDLER, J. A. & MAPPE, J. 2004. **Predator mixes and the conspicuousness of aposematic signals.** *Am Nat* 163:532–547
- FAYT, P., MACHMER, M. M., & STEEGER, C. 2005. **Regulation of spruce bark beetles by woodpeckers—a literature review.** *Forest Ecology and Management*, 206(1-3), 1-14.
- FAVERI, S.B., VASCONCELOS, H.L. & DIRZO, R. 2008. **Effects of Amazonian forest fragmentation on the interaction between plants, insect herbivores, and their natural enemies.** *Journal of Tropical Ecology* 24: 57–64.
- FERRANTE, M., LOVEI, G. L., MAGAGNOLI, S., MINARCIKOVA, L. TOMESCU, E. L., BURGIO, G., CAGAN, L. & ICHIM, M. C. 2017. **Predation pressure in maize across Europe and in Argentina: an intercontinental comparison.** *Insect science*, 26(3), 545-554.
- FERREIRA, R. V. 2005. **Utilização de sistemas de informação geográfica na identificação de unidades geoambientais do município de Analandia (SP).**
- FORD, E. B. 1945. **Polymorphism.** *Biological Review* 20: 73–88.
- FORSMAN, A. 1995. **Opposing fitness consequences of color pattern in male and female snakes.** *J. Evol. Biol.* 8, 53–70. (doi:10.1046/j.1420-9101.1995.801 0053.x)
- FORSMAN, A., AHNESJO, J., CAESAR, S., & KARLSSON, M.. 2008. **A model of ecological and evolutionary consequences of color polymorphism.** *Ecology*, 89(1), 34-40.
- FORSMAN, A. & APPELQVIST, S. 1998. **Visual predators impose correlational selection on prey color pattern and behavior.** *Behav. Ecol.* 9, 409–413. (doi:10.1093/beh eco/9.4.409)
- GRAY, M. A.; BALDAUF, S. L.; MAYHEW, P. J.; HILL, J. K. 2007. **The Response of Avian Feeding Guilds to Tropical Forest Disturbance.** *Conservation Biology*, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 133-141. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00557.x>.
- GREENBERG, R., BICHER, P., ANGON, A. C., MAC VEAN, C., PEREZ, R., & CANO, E. 2000. **The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in some Guatemalan coffee plantations.** *Ecology*, 81(6), 1750-1755.

GUNNARSSON, B., WALLIN, J., & KLINGBERG, J. 2018. **Predation by avian insectivores on caterpillars is linked to leaf damage on oak (*Quercus robur*)**. *Oecologia*, 188(3), 733-741.

HAGMAN M. & FORSMAN, A. 2003 **Correlated evolution of conspicuous colouration and body size in poison frogs (*Dendrobatidae*)**. *Evolution* 57:2904–2910Return to ref 2003 in article

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. *Palaeontologia Electronica* 4: 1–9. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: 22 abr. 2020.

HERNÁNDEZ-AGÜERO, J. A., POLO, V., GARCÍA, M., SÍMON, D., RUIZ-TAPIADOR, I. & CAYUELA, L. 2020. Effects of prey colour on bird predation: an experiment in Mediterranean woodlands. *Animal Behaviour*, 170, 89-97

HOLMÉR, J. & GREEN, M. 2011. **Evolution of prey polymorphism induced by learning predators**. *Journal of Biological Systems* 19 (2):319–328.

HOLT, R. D. & BARFIELD, M. 2013. **Direct plant-predator interactions as determinants of food chain dynamics**. *Journal of theoretical biology*, 339, 47-57.

HOOKS, C. R., PANDEY, R. R., & JOHNSON, M. W. 2003. **Impact of avian and arthropod predation on lepidopteran caterpillar densities and plant productivity in an ephemeral agroecosystem**. *Ecological Entomology*, 28(5), 522-532.

HOSSIE, T. J. & SHERRATT, T. N. 2012. **Eyespots interact with body colour to protect caterpillar-like prey from avian predators**. *Animal Behaviour*, 84, 167e173.

HOSSIE, T. J., & SHERRATT, T. N. 2013. **Defensive posture and eyespots deter avian predators from attacking caterpillar models**. *Animal behaviour*, 86(2), 383-389.

HOWE, A.; LÖVEI, G. L.; NACHMAN, G. 2009. **Dummy caterpillars as a simple method to assess predation rates on invertebrates in a tropical agroecosystem.** *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 131, n. 3, p. 325–329.

ISHII, Y., SHIMADA, M. 2010. **The effect of learning and search images on predator–prey interactions.** *Population Ecology* 52, p. 27-35.

IUCN. 2022. **IUCN Red List of threatened species.** Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em: jul. 2022.

JI, R., SIMPSON, S. J., YU, F., HE, Q. X., & YUN, C. J. 2008. **Diets of migratory rosy starlings (Passeriformes: Sturnidae) and their effects on grasshoppers: implications for a biological agent for insect pests.** *Biological Control*, 46(3), 547-551.

JOHNSON, E. R. 2014. **Investigating the relationship between dietary specialization of caterpillars and their risk of ant predation in a forest community.** Master's thesis. Wesleyan University, Middletown, Connecticut, United States.

KARP, D. S., MENDENHALL, C. D., SANDÍ, R. F., CHAUMONT, N., EHRLICH, P. R., HADLY, E. A., & DAILY, G. C. 2013. **Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield.** *Ecology Letters*, 16, 1339–1347. <https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1111/ele>

KLOSS, T. G. 2011. **Predadores visualmente orientados não distinguem entre presas crípticas e aposemáticas em uma floresta tropical amazônica.** In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 15., 2011, São José dos Campos.

KOH, L.P. & MENGE, D.N.L. 2006. **Rapid assessment of Lepidoptera predation rates in Neotropical forest fragments.** *Biotropica*, 38(1):132-4.

KÖPPEN, W. **Climatologia.** Cidade do México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

KREBS, J.R. & DAVIES, N.B..1993. **Introdução à Ecologia Comportamental.** Editora: Atheneu Editora São Paulo LTDA. 3ªed. São Paulo. p. 80-82.

KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K.; KANASHIRO, M.M.; YWANE, M.S.S.; LIMA, L. M.P.R.; GUILLAUMON, J.R.; BARRADAS, A.M.F.; PAVÃO, M.; MANETTI, L.A.; BORGIO, S.C. 2005. **Monitoramento da vegetação natural e do**

reflorestamento no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, Goiânia, Anais... São José dos Campos: INPE, 2004. p.1569-1576.

LAWRENCE, J. P., & NOONAN, B. P. 2018. **Avian learning favors colorful, not bright, signals.** PloS one, 13(3), e0194279.

LEEUWEN, E. VAN; JASEN, E. A. A. 2010. **Evolutionary consequences of a search image.** Theoretical Population Biology, v. 77, p. 49-55.

LEES, A.C. & PERES, C.A. 2008. **Avian life-history determinants of local extinction risk in a hyper-fragmented neotropical forest landscape.** Anim. Conserv. 11(2):128-137. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00162.x>

LELES, B., XIAO, X., PASION, B. O., NAKAMURA, A., & TOMLINSON, K. W. 2017. **Does plant diversity increase top-down control of herbivorous insects in tropical forest?** Oikos, 126(8), 1142–1149. <https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1111/oik>

LICHTER-MARCK, I. H.; WYLDE, M.; AARON, E.; OLIVER, J. C. & SINGER, M.S. 2015. **The struggle for safety: effectiveness of caterpillar defenses against bird predation.** Oikos, 124(4), 525-533.

LINDSTEDT, C., MAPPES, J., PAINVINEN, J., VARAMA, M. 2006. **Effects of group size and pine defence chemicals on Diprionid sawfly survival against ant predation.** Oecologia 150:519–526

LOISELLE, B. A., & FARJI-BRENER, A. G. 2002. **What's up? An experimental comparison of predation levels between canopy and understory in a tropical wet forest.** *Biotropica*, 34(2), 327-330.

LOW, P. A., SAM, K., MCARTHUR, C., POSA, M. R. C., & HOCHULI, D. F. 2014. **Determining predator identity from attack marks left in model caterpillars: guidelines for best practice.** Entomologia Experimentalis et Applicata, 152(2), 120-126.

MAAS, B. *et al.* 2015. **Avian species identity drives predation success in tropical cacao agroforestry.** Journal Of Applied Ecology, v. 52, n. 3, p.735-743.

MALANOTTE, M. L. et al. 2019. **How do fruit productivity, fruit traits and dietary specialization affect the role of birds in a mutualistic network?** Journal of Tropical Ecology, v. 35, n. 5, p. 213-222.

MALLET-RODRIGUES, F. 2010. **Técnicas para amostragem da dieta e procedimentos para estudos do forrageamento de aves.** In: MATTER, S. V. et al. (Org.) Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnica de Pesquisa e Levantamento. Rio de Janeiro: Technical Books, p. 457-470.

MANHÃES, M.A. & LOURES-RIBEIRO, A. 2011. **The avifauna of the Poço D'Anta Municipal Biological Reserve, Juiz de Fora, MG.** Biota Neotrop. 11(3).

MARPLES, N. M., ROPER, T. J., & HARPER, D. G.. 1998. **Responses of wild birds to novel prey: evidence of dietary conservatism.** Oikos, 161-165.

MEYER, S. *et al.* 2017. **Handbook of field protocols for using REFA methods to approximate ecosystem functions** - Version 1.0; Technical publication of the Terrestrial Ecology Research Group, media TUM.

MOLS, C. M. & VISSER, M. E. 2002. **Great tits can reduce caterpillar damage in apple orchards.** Journal of applied ecology, 39(6), 888-899.

MOONEY, K. A. 2007. **Tritrophic effects of birds and ants on a canopy food web, tree growth, and phytochemistry.** Ecology, 88(8), 2005-2014

MORENO, C., & FERRO, V. G. 2012. **Intensidade de ataque a lagartas artificiais em diferentes formações vegetais do Cerrado.** Bioikos, Campinas, 26(2):71-75

MUIRURI, E. W., RAINIO, K., & KORICHEVA, J. 2016. **Do birds see the forest for the trees? Scale-dependent effects of tree diversity on avian predation of artificial larvae.** *Oecologia*, 180(3), 619-630.

NAVARRO, A. B. et al. 2021. **Human-modified landscapes narrow the isotopic niche of neotropical birds.** *Oecologia*, v. 196, n. 1, p. 171-184, 2021.

NILSSON, M. & FORSMAN, A. 2003. **Evolution of conspicuous colouration, body size and gregariousness: a comparative analysis of Lepidopteran larvae.** *Evol Ecol* 17:51–66

ODUM, E.P. & BARRET, G.W.. 2011. **Fundamentos de Ecologia**. Editora: Cengage Learning. 5ªed. São Paulo. p. 283-286.

OLIVEIRA, R., DINIZ, P., ARAUJO-LIMA, V., ROSÁRIO, G., & DUCA, C.. 2020. **Contrast to background influences predation on aposematic but not cryptic artificial caterpillars in a Brazilian coastal shrubland**. Journal of Tropical Ecology, 36(3), 109-114. doi:10.1017/S026646742000005X

ONIKI-WILLIS, Y., WILLIS, E. O., MACHADO, V. L. L., & LOPES, L. E. 2022. **Stomach contents of birds from the Brazilian Cerrado savannas**. Ornithology Research, 1-6.

PARKER III TA, STOTZ DF & FITZPATRICK JW. 1996. **Ecological and distributional databases**. In: Stotz DF et al. (Eds), Neotropical Birds: Ecology and Conservation, The University of Chicago Press, Chicago, USA, p. 113-407.

PERINOTTO, A.R.C. 2007. **Geoturismo nas cuevas basálticas da alta bacia do rio Corumbataí (município de Analândia/SP)**. Global Tourism, v. 3, n. 2.

PIGLIUCCI, M.. 2001. **Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture**. Syntheses in ecology and evolution. Baltimore, MD:The John Hopkins University Press.

PIRATELLI, A. J.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; RAEDIG, C.. **Integrating biodiversity conservation into agroecosystem management: using birds to bring conservation and agricultural production together**. In: Strategies and tools for a sustainable rural Rio de Janeiro. Springer, Cham, 2019. p. 139-153.

PIRATELLI, A. & PEREIRA, M. R. 2002. **Dieta de aves na região leste de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Ararajuba, 10(2), 131-139.

PIZO, M. A., MORALES, J. M., OVASKAINEN, O., & CARLO, T. A.. 2021. **Frugivory specialization in birds and fruit chemistry structure mutualistic networks across the Neotropics**. The American Naturalist, 197(2), 236-249.

POCH, T.J. & SIMONETTI, J.A. 2013. **Insectivory in Pinus radiata plantations with different degree of structural complexity**. Forest Ecology and Management 304, 132–136.

POULTON, E.B. 1884. **Notes upon, or suggested by, the colours, markings, and protective attitudes of certain lepidopterous larvae and pupae, and of a phytophagous**

hymenopterous larva. Transactions of the Royal Entomological Society of London 32: 27–60.

POSA, M.R.C.; SODHI, N.S. & KOH, L.P.. 2007. **Predation on artificial nests and caterpillar models across a disturbance gradient in Subic Bay, Philippines.** Journal of Tropical Ecology 23:27–33.

RICHARDS, L. A. & COLEY, P. D.. 2007. **Seasonal and habitat differences affect the impact of food and predation on herbivores: a comparison between gaps and understory of a tropical forest.** Oikos 116: 31–40.

ROSLIN, T. et al. 2017. **Higher predation risk for insect prey at low latitudes and elevations.** Science, 356(6339), 742–744. <https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1126/science.aaj1631>

RUXTON, G. D., ALLEN, W. L., SHERRATT, T. N., & SPEED, M. P.. 2019. **Avoiding attack: the evolutionary ecology of crypsis, aposematism, and mimicry.** Oxford University Press.

SAM, K., KOANE, B. & NOVOTNY, V. 2015. **Herbivore damage increases avian and ant predation of caterpillars on trees along a complete elevational forest gradient in Papua New Guinea.** Ecography, 38(3), 293-300.

SAM, K., REMMEL, T. & MOLLEMAN, F.. 2015a **Material affects attack rates on dummy caterpillars in tropical forest where arthropod predators dominate: an experiment using clay and dough dummies with green colourants on various plant species.** Entomologia Experimentalis et Applicata, v. 157, n. 3, p. 317-324.

SIFESP (Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo). 2009. **Quantificação da vegetação Natural Remanescente Para os Municípios do Estado de São Paulo.** Governo do Estado de São Paulo – Infraestrutura e Meio Ambiente. Disponível em <https://smastr16.blob.core.windows.net/sifesp/2016/12/municipio_maior_porc.pdf>. Acesso em: ago. 2022.

SEKI, S.I., TAKANO, H.. 1998. Caterpillar abundance in the territory affects the breeding performance of great tit *Parus major minor*. Oecologia 114, 514–521.

SEYMOURE, B. M., RAYMUNDO, A., MCGRAW, K. J., OWEN MCMILAN, W., & RUTOWSKI, R. L. 2018. **Environment-dependent attack rates of cryptic and aposematic butterflies**. *Current zoology*, 64(5), 663-669.

STAMP, N. E. 1986. **Physical constraints of defense and response to invertebrate predators by pipevine caterpillars (*Battus philenor*: Papilionidae)**. – *J. Lepidopt. Soc.* 40: 191–215.

STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, F. J. W.; PARKER III, T. A. & MOSKOVITZ, D. K. 1996. **Neotropical birds: ecology and conservation**. Chicago: University of Chicago Press, 478p.

THOMAS, R. J., MARPLES, N. M., CUTHILL, I. C., TAKAHASHI, M., & GIBSON, E. A. 2003. **Dietary conservatism may facilitate the initial evolution of aposematism**. *Oikos*, 101(3), 458-466.

TIEDE, Y. et al. 2017. **Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes**. *Ecological Indicators*, 83, 527–537. <https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ecolind>.

TOWNSEND, C.R., BEGON, M. & HARPER, J.L.. 2010. **Fundamentos em Ecologia**. Editora: Artmed. 3ªed. Porto Alegre. p. 121-125.

TVARDIKOVA, K. & NOVOTNY, V. 2012. **Predation on exposed and leaf-rolling artificial caterpillars in tropical forests of Papua New Guinea**. *Journal of Tropical Ecology*, v. 28, n. 04, p.331-341.

VAN BAEL, S. A., PHILPOTT, S. M., GREENBERG, R., BICHIER, P., BARBER, N. A., MOONEY, K. A., & GRUNER, D. S. 2008. **Birds as predators in tropical agroforestry systems**. *Ecology*, 89(4), 928-934.

VIEIRA, A.J.D. *et al.* 2005. **Predação sobre modelos aposemáticos e crípticos posicionados próximos ao solo e no dossel de uma floresta primária na Serra do Teimoso, Jussari, Bahia, Brasil**. Local: Centro Universitário da Caatinga. p.5.

VIELLIARD, J. M. E. & W. R. SILVA. 1990. **Nova metodologia de levantamento quantitativo da avifauna e primeiros resultados or do Estado de São Paulo**, p. 117-151.

Anais do IV Encontro Nacional de Anilhadores de Aves. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

WANG, B., YU, L., MA, N., ZHANG, Z., LIU, Q., FAN, W., RONG, Y., ZHANG, S., & LI, D. 2021. **Discoid decorations function to shield juvenile *Argiope* spiders from avian predator attacks.** Behavioral Ecology.1-10

WENNERSTEN, L. & FORSMAN, A.. 2009. **Does colour polymorphism enhance survival of prey populations?** Proc. R. Soc. B 276: 2187-2194.

WHELAN, C. J., WENNY, D. G., & MARQUIS, R. J. 2008. **Ecosystem services provided by birds.** Annals of the New York Academy of Sciences, 60, 25–60. <https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1196/ann>

WILMAN, H.; BELMAKER, J.; SIMPSON, J.; DE LAROSA, C.; RIVADENEIRA, M. M. & JETZ, W. 2014. **EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals.** Ecology, [S.L.], v. 95, n. 7, p. 2027-2027, jul. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1890/13-1917.1>.

7. ANEXOS

Anexo 1: Espécies encontradas na área de estudo. (a) Seriema (*Cariama cristata*), (b) Soldadinho (*Antilophia galeata*), (c) Gralha-do-campo (*Cyanocorax cristatellus*); (d) Saí-andorinha (*Tersina viridis*); (e) Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*); (f) Juruva (*Baryphthengus ruficapillus*); (g) Tucanuçu (*Ramphastos toco*); (h) Suiriri-cavaleiro (*Machetornis rixosa*); Periquitão (*Psittacara leucophthalmus*).

