

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO – UNISAGRADO

GIOVANNA FRONTERA GRECOV

PARASITAS E PARASITOIDES COMO FERRAMENTA ECOLÓGICA:
EXPLORANDO SUAS IMPORTÂNCIAS NO CONTROLE DE ESPÉCIES NO MEIO
AMBIENTE

BAURU

2024

GIOVANNA FRONTERA GRECOV

PARASITAS E PARASITOIDES COMO FERRAMENTA ECOLÓGICA:
EXPLORANDO SUAS IMPORTÂNCIAS NO CONTROLE DE ESPÉCIES NO MEIO
AMBEINTE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de bacharel em
Ciências Biológicas – Centro Universitário
Sagrado Coração.

Orientadora: Prof.^a Dra. Thainá
Valente Bertozzo.

BAURU

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com
ISBD

G791p	<p>Greco, Giovanna Frontera</p> <p>Parasitas e parasitoides como ferramenta ecológica: explorando suas importâncias no controle de espécies no meio ambiente / Giovanna Frontera Greco. -- 2024. 37f.</p> <p>Orientadora: Prof.^a Dra. Thainá Valente Bertozzo</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Parasitismo. 2. Parasitoides. 3. Equilíbrio ecossistêmico. 4. Controle de espécies. I. Bertozzo, Thainá Valente. II. Título.</p>
-------	---

GIOVANNA FRONTERA GRECOV

PARASITAS E PARASITOIDES COMO FERRAMENTA ECOLÓGICA:
EXPLORANDO SUAS IMPORTÂNCIAS NO CONTROLE DE ESPÉCIES NO MEIO
AMBIENTE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de bacharel em
Ciências Biológicas – Centro Universitário
Sagrado Coração.

Aprovado em: 05/12/2024.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Thainá Valente Bertozzo (Orientadora)
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof. Dr. Caio Marinho Mello
Centro Universitário Sagrado Coração

AGRADECIMENTOS

Neste momento de comemoração, expresso minha gratidão a Deus, que em sua eterna graça me permitiu alcançar este sonho, iluminando minha mente e fortalecendo meu coração.

Agradeço à Instituição UNISAGRADO que me acolheu, desafiou e transformou em uma profissional qualificada e em uma pessoa melhor e mais completa.

A professora Dr^a. Thainá Valente Bertozzo, pela orientação acadêmica, apoio e confiança, e a todos os professores que me proporcionaram o conhecimento nas suas diversas áreas e amplitudes.

Agradeço a todos, minha família, parentes e amigos que me incentivaram a chegar à conclusão do meu curso e o início de uma nova carreira, contribuindo diariamente para minha jornada.

Ao meu amor, que trouxe a calma em meio as turbulências da minha graduação, obrigada por ser meu porto seguro e minha fonte inesgotável de apoio e carinho.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha trajetória de formação, o meu muito obrigado.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe

faltasse uma gota.” (Madre Teresa de Caucutá).

RESUMO

Desde o surgimento da vida, parasitas e parasitoides são encontrados em todas as espécies conhecidas. Todo organismo oferece um ambiente rico em recursos, servindo de fontes constantes de alimento, abrigo e um meio eficaz de reprodução e dispersão desses organismos. Biologicamente, entende-se que as interações entre seres vivos, da mesma espécie ou não, são inevitáveis. Por esse motivo nenhum organismo consegue efetivamente sobreviver de forma completamente isolada. Nesta perspectiva, essas interações podem ser classificadas sob dois ângulos: interações interespecíficas (ocorre entre organismos de diferentes espécies dentro de uma mesma comunidade) e intraespecíficas (ocorre entre organismos da mesma espécie em uma população), sendo que em ambos os casos, a natureza estabelecida dessas relações é expressamente trófica, ou seja, os indivíduos se associam em busca, estritamente, de alimento. Ainda nas interações interespecíficas, quando a sobrevivência de uma espécie depende dos nutrientes fornecidos por outro organismo, tal relação é classificada como parasitismo. A relação íntima entre parasita-hospedeiro é uma importante engrenagem que permite, a evolução das espécies, visto que contribui diretamente para a seleção natural, pressionando populações de hospedeiros e os dividindo entre os menos e os mais aptos frente a determinadas situações. O resultado dessas interações é tido como benéfico aos ecossistemas, equilibrando populações e prevenindo a dominância excessiva de determinadas espécies, através da influência dos organismos parasitas sobre o comportamento, morfologia e interações ecológicas dos seus hospedeiros, contribuindo para a conservação e a biodiversidade dos ecossistemas. A presente revisão bibliográfica visa explorar a importância dos parasitas e parasitoides no controle de espécies para a conservação do equilíbrio ecossistêmico, entendendo os seus mecanismos de ação diante dos hospedeiros e as respectivas reações desses organismos. O presente estudo foi realizado com base em diversos artigos, livros e revistas retirados de bancos de dados e bibliotecas locais.

Palavras-chave: Parasitismo; parasitoides; equilíbrio ecossistêmico; controle de espécies.

ABSTRACT

Since the emergence of life, parasites and parasitoids have been found in all known species. Every organism offers a resource-rich environment, serving as a constant source of food, shelter, and an effective means of reproduction and dispersion for these organisms. Biologically, it is understood that interactions between living beings, whether of the same species or not, are inevitable. For this reason, no organism can effectively survive in complete isolation. From this perspective, these interactions can be classified from two angles: interspecific interactions (occurring between organisms of different species within the same community) and intraspecific interactions (occurring between organisms of the same species within a population). In both cases, the established nature of these relationships is expressly trophic, meaning that individuals associate strictly in search of food. Also in interspecific interactions, when the survival of a species depends on nutrients provided by another organism, such a relationship is classified as parasitism. The close relationship between parasite and host is an important mechanism that allows for the evolution of species, as it directly contributes to natural selection, dividing host populations into those less and more fit for certain situations. The result of these interactions is seen as beneficial to ecosystems, balancing populations and preventing the excessive dominance of certain species through the influence of parasitic organisms on the behavior, morphology, and ecological interactions of their hosts, contributing to ecosystem conservation and biodiversity. This literature review aims to explore the importance of parasites and parasitoids in species control for the conservation of ecosystem balance, understanding their mechanisms of action on hosts and the respective reactions of these organisms. This study was conducted based on various articles, books, and journals sourced from databases and local libraries.

Keywords: Parasitism; parasitoids; ecosystem balance; species control.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. METODOLOGIA	12
4. REVISÃO DE LITERATURA	13
4.1. CONCEITO DE PARASITA E DIFERENTES PERSPECTIVAS	13
4.1.1. Parasito típico	14
4.1.2. Parasitas de transmissão trófica	15
4.1.3. Parasita castrador	16
4.1.4. Parasita castrador de transmissão trófica	16
4.1.5. Patógeno	17
4.1.6. Patógeno transmitido tropicalmente	17
4.1.7. Parasitoides	18
4.2. RELAÇÃO PARASITA-HOSPEDEIRO	18
4.3. O EFEITO DO PARASITISMO	19
4.4. A DINÂMICA DA RAINHA VERMELHA	20
4.5. IMITAÇÃO LETAL: O MIMETISMO DOS PARASITOIDES	22
4.6. ECOLOGIA AMPLIADA	23
4.7. AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE	25
4.8. PARASITISMO ECOLÓGICO	26
4.9. CONTROLE BIOLÓGICO	27
4.9.1. Controle biológico de moscas-da-fruta	28
4.9.2. Controle biológico Florestal	29

5. CONCLUSÃO	31
6. REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

Em uma sociedade, os seres vivos interagem entre si de diversas formas. Essas interações, chamadas de relações ecológicas, podem acontecer entre indivíduos da mesma espécie (relações intraespecíficas) ou entre espécies diferentes (relações interespecíficas). Tais relações podem trazer benefícios para todos os envolvidos, beneficiar apenas um sem causar efeito ao outro, ou favorecer um e prejudicar o outro. Quando nenhuma das partes é prejudicada, a relação é considerada harmônica. Por outro lado, se ao menos um dos organismos sair em desvantagem, a relação é classificada como desarmônica. Dentro das relações denominadas como desarmônicas e interespecíficas temos o parasitismo, uma relação ecológica no qual um organismo (parasita) depende diretamente de outro organismo de espécie diferente (hospedeiro) para sua sobrevivência. As relações ecológicas são uma peça fundamental para o equilíbrio das populações que interagem sendo benéfico para a comunidade como um todo, mesmo havendo o prejuízo para algumas espécies ou população em particular. (Alves, 2019).

A compreensão dos parasitos tem raízes desde a pré-história da humanidade. Ao investigar essa linha do tempo, observa-se a tradução de antigos textos médicos que relataram diversas referências a parasitos, às doenças causadas por eles e seu respectivo tratamento. Como exemplo, pode-se citar os assírios que já utilizavam o enxofre para tratar a escabiose e os gregos e romanos revelavam diversos exemplos de parasitos e parasitoses, trazendo ainda as primeiras classificações e descrições dos diferentes helmintos intestinais. As transcrições das medicinas védica (na Índia), árabe e chinesa apresentavam artrópodes e helmintos, distinguindo parasitos humanos de parasitos de animais. O conjunto dessas traduções associavam moscas e mosquitos a doenças, o que foi comprovado cientificamente no século XIX. (Araújo; Ferreira; Reinhard, 1999).

O parasitismo é uma modalidade de relação interespecífica, caracterizada por uma relação íntima entre dois organismos, geralmente sem causar a morte imediata do hospedeiro, uma vez que precisa do mesmo para sua própria sobrevivência. Enquanto alguns organismos, conhecidos como parasitoides, mimetizam os

comportamentos de parasitas, mas são letais para seus hospedeiros, pois em algum momento do seu desenvolvimento vão obrigatoriamente levá-lo à morte. Vale ressaltar que o termo simbiose embora seja utilizado para determinar uma relação em que ambos são beneficiados, também é empregado para descrever relações íntimas entre parasita-hospedeiro ainda que não haja vantagem para os dois lados da relação. (Junior, 2023).

A observação das interações ecológicas dos parasitas e parasitoides, é, geralmente, de difícil obtenção, já que grande parte desses organismos vivem de forma secreta, em convívio intrínseco com seus hospedeiros, sendo invisíveis ao mundo externo. Supõe-se, então, que, por serem organismos discretos, eles desempenham funções pouco relevantes na ecologia das comunidades quando comparados a organismos autônomos. Entretanto, avanços na área da ecologia de doenças, mostraram que os parasitas não só são importantes ecologicamente, como também podem influenciar, de maneira igualitária ou ainda superior, as espécies de vida livre na estruturação das comunidades. Além disso, esses organismos exercem influências no comportamento e na competência dos hospedeiros, podendo regular a dimensão das populações dos organismos parasitados, ocasionalmente com efeitos nas interações tróficas, nas teias alimentares, na competição e na biodiversidade. Sendo assim, essas interações indicam que os parasitas e parasitoides são parte integral na formação das comunidades e dos ecossistemas. (Preston; Johnson, 2010).

Uma parcela substancial da diversidade biológica global e do número de indivíduos é composta por parasitas, sendo que mais da metade das interações alimentares envolvem esses seres. É comum uma única espécie servir de hospedeira para centenas de tipos de parasitas. Essa relação desempenha um papel vital em diversos níveis tróficos, desde o indivíduo até ecossistemas inteiros. Em nível individual, podem influenciar aspectos como crescimento, desenvolvimento, sobrevivência e reprodução, competindo por recursos e produzindo toxinas, que afetam significativamente o ciclo biológico do hospedeiro. Além disso, esses organismos impactam as populações de hospedeiros, influenciam a competição e predação, e podem afetar a biodiversidade, seja impedindo a colonização de determinadas espécies ou levando outras à extinção por meio de efeitos secundários. Os parasitos e parasitoides também atuam como modificadores

dos ecossistemas, alterando características dos hospedeiros e criando habitats para outros organismos. (Pantoja; Paixão; Brito; Mourão, 2015).

Os ecossistemas apresentam características diversas no planeta, formado por fatores bióticos, seres vivos do sistema, e abióticos, partes “sem vida” do ambiente. Esses fatores estão interligados em diversos aspectos. Um ecossistema é aberto, distinto por seus fluxos de entrada e saída de matéria e energia. A energia solar é fundamental para quase todos os ecossistemas, seja de forma direta, como resultado da fotossíntese, ou de maneira indireta, através das atividades de decomposição da matéria orgânica. (Azzari; Medeiros, 2022).

Dentro de um ecossistema, as interações ecológicas são essenciais para compreendermos as relações entre os organismos em uma comunidade e os efeitos que uns têm sobre os outros. Elas variam desde aquelas que são mutuamente benéficas, como o mutualismo, até aquelas que são prejudiciais para ambos os envolvidos, como a competição. Além disso, existem interações mais complexas, como a predação e o parasitismo, onde um organismo se beneficia às custas do outro. Essas interações formam redes intrincadas que conectam todas as espécies em um ecossistema, desempenhando um papel indispensável na manutenção da biodiversidade e no funcionamento saudável do ambiente natural. (Alves, 2019).

O ambiente desempenha um papel fundamental na dinâmica entre hospedeiro e parasita, e estudos indicam que os fatores ambientais podem afetar a intensidade da seleção, influenciando a suscetibilidade do hospedeiro à infecção. Esse modelo conceitual, composto por três elementos – suscetibilidade do hospedeiro, infecciosidade e virulência do parasita, e condições ambientais – é conhecido como “triângulo da doença”. Enquanto a temperatura é um dos principais fatores que influenciam essa interação, também se observa que fatores antropogênicos, como a poluição, podem interferir nessa relação biótica. Devido às diversas maneiras pelas quais os parasitas reagem à população, eles emergem como potenciais bioindicadores de qualidade ambiental. (Machado; Castro, 2019).

A presente revisão bibliográfica visa explorar a relação entre parasitos e parasitoides com o equilíbrio dos ecossistemas, através de análise e síntese de estudos e pesquisas previamente realizadas nesse campo. Tais organismos desempenham um papel fundamental na dinâmica e estruturação dos ecossistemas, influenciando a biodiversidade, a estabilidade e a saúde das comunidades biológicas.

Ao condensar as descobertas e as conclusões de estudos anteriores, este trabalho objetiva fornecer uma visão abrangente e atualizada sobre a interação entre parasitos e ecossistemas. Além disso, pretende-se identificar lacunas no conhecimento existentes e sugerir direções para futuras pesquisas, visando contribuir para o avanço da compreensão nesse campo para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo e conservação dos ecossistemas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Investigar e compreender a importância dos parasitas e parasitoides nos ecossistemas, explorando seus papéis fundamentais na regulação populacional, na manutenção da biodiversidade e na estabilidade dos ecossistemas, visando contribuir para uma melhor compreensão e gestão dos sistemas naturais.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar os mecanismos pelos quais os parasitas e parasitoides influenciam na dinâmica populacional das espécies hospedeiras, incluindo impactos na reprodução, sobrevivência e distribuição geográfica;
- Avaliar os efeitos desses organismos na saúde e no comportamento dos organismos hospedeiros, bem como nas interações tróficas e na estrutura das cadeias alimentares;
- Investigar os efeitos dos parasitas e parasitoides na saúde dos ecossistemas, incluindo sua contribuição para a estabilidade e resiliência dos sistemas naturais;
- Comunicar os resultados obtidos de forma acessível e educativa, promovendo conscientização sobre a importância dos parasitas nos ecossistemas e sua relevância para a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade ambiental.

3. METODOLOGIA

Este estudo é uma abordagem qualitativa dos estudos relacionados com parasitismo utilizado como ferramenta ecológica, onde foram usadas as técnicas de coleta de dados manuseando diversas fontes de informação, incluindo bancos de dados acadêmicos, além de catálogos de bibliotecas universitárias e livro-textos relevantes, bem como artigos de revisão já publicados sobre o tema. Sendo assim, foi realizado um levantamento pela plataforma Periódicos Capes, que engloba diferentes plataformas de pesquisa bibliográfica digital. Os documentos analisados vão desde 1971 a 2024, utilizando as palavras “parasitismo”, “parasitoide”, “equilíbrio ecossistêmico” e “controle de espécies”.

A revisão foi conduzida de forma sistemática e rigorosa, seguindo as diretrizes estabelecidas na literatura para revisões bibliográficas. Foi abordado um enfoque narrativo, que permite a apresentação coerente e contextualizada dos resultados encontrados. Para a análise quantitativa, foram separados alguns artigos de maior relevância a fim de abordar e discutir os temas com mais influência na relação parasita-ambiente.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. CONCEITO DE PARASITA E DIFERENTES PERSPECTIVAS

O dualismo é uma forma de pensamento que reconhece a existência de dois princípios opostos que coexistem, no qual podem conviver de maneira harmoniosa ou estar em constante conflito, e, em alguns casos, um deles é considerado superior ao outro, como: bem e mal, natureza e criação, mente e matéria. Igualmente, o dualismo também se manifesta na ecologia do parasitismo, como por exemplo: parasitas podem gerar diversidade ou causar extinção, podem castrar um hospedeiro ou aumentar sua taxa de crescimento, e podem estimular uma resposta imune enquanto favorece uma infecção crônica secundária. (Thomas; Renaud; Guégan, 2005).

Historicamente, parasito surgiu do grego παράσιτος, significando “aquele que come ao lado de outro”. O fato se deu graças as principais cidades gregas, que detinham um edifício chamado Pritaneu, conhecido como o centro cívico e religioso da cidade, onde se reuniam os magistrados, representantes do povo com poderes temporários e visitantes conceituados. Junto a eles, cidadãos pensionistas do estado tomavam refeições oficiais, acomodando-se na mesa revestidos de personalidade sacerdotal, chamados de parasitos (de pará, ao lado, junto de + sítos, alimento). (Bailly et al., 1950). Atualmente a Sociedade Brasileira de Parasitologia (SBP) define parasito, no glossário de parasitologia (2006), como “o ser vivo de menor porte que vive associado a outro ser vivo de maior porte, à custa ou na dependência deste”.

Recentemente, alguns trabalhos fornecem abordagens contemporâneas a esses conceitos baseando-se nas perspectivas que o campo da ecologia oferece. Exemplificando, Lafferty e Kuris (2002) apresentaram os parasitos como um “inimigo natural que se alimenta de um hospedeiro”. Sendo assim, é necessário o

entendimento que parasitas e hospedeiros resultam de uma interação ecológica chamada de parasitismo.

Diversos tipos de interações, com inúmeras histórias evolutivas surgem devido à grande variedade de parasitas e hospedeiros. A partir disso, foi proposto a separação dos organismos parasitas em três principais categorias, inicialmente têm-se aqueles que machucam e matam seus hospedeiros; posteriormente aqueles que nunca matam seus hospedeiros, mas retém os seus benefícios comprometendo sua condição física; e, por fim, parasitos que desenvolvem um equilíbrio com o seu anfitrião garantindo um ambiente potencializado de lucro sem prejudicar a habilidade ou saúde do hospedeiro. (Crofton, 1971).

A análise proposta por Crofton (1971) gerou duas questões centrais: I) qual a diferença entre parasitismo e predação? E II) todos os parasitas prejudicam seus hospedeiros da mesma maneira? Lafferty e Kuris (2002) elucidaram ambas as questões, sendo que na primeira estabeleceram que ambos os termos (parasitismo e predação) são interações ecológicas e a diferença está no número de presas, já que, normalmente, o organismo parasita relaciona-se exclusivamente com um único hospedeiro. Nem todos os parasitas são iguais devido a sua alta diversidade, e é nesse momento que Lafferty e Kuris (2002) desvendam a segunda questão, focando em como os parasitas afetam as habilidades do hospedeiro, visualizando se a morte do indivíduo anfitrião resulta da interação e/ou analisando se os efeitos do parasito são de natureza dependente da densidade.

Conforme revisado por Lafferty e Kuris (2002), existem 7 tipos de parasitas: a) parasito típico (tem efeito denso-dependente, não causa a morte e nem reduz a aptidão da vítima a zero); b) parasitas de transmissão trófica; c) parasita castrador (denso-independente, não leva à mortalidade de sua vítima, entretanto reduz a aptidão do hospedeiro a zero); d) parasito castrador de transmissão trófica (depende da densidade para causar efeito e além de reduzir a aptidão do hospedeiro a zero, levam à morte); e) patógeno (semelhante ao parasita típico, mas seu efeito é independente da densidade); f) patógeno transmitido tropicalmente (requer a morte das vítimas e apresenta grande similaridade aos patógenos); e, g) parasitoide (similares aos parasitas castradores de transmissão trófica, porém não dependem da densidade).

4.1.1. Parasito típico

Um parasita denso-dependente se refere aquele organismo que possui a capacidade de infectar e se propagar diretamente dependente da densidade da população de seus hospedeiros. Quanto maior o número de hospedeiros em um determinado ambiente, maior é a probabilidade de infecção nesses organismos, pois em uma população densa, a interação entre os indivíduos tende a ser mais próxima, facilitando o contato e a transmissão do parasita. (Begon; Townsend; Harper, 2006).

O parasitismo influencia, ainda, a própria densidade da população de hospedeiros, uma vez que, com o aumento da taxa de infecção, alteram-se as taxas de mortalidade e fecundidade desse organismos, o que eventualmente pode acarretar na diminuição da densidade dessa população, criando um ciclo de feedback, onde, a alta densidade de hospedeiros possibilita a propagação desse parasita, entretanto a alta carga de infecção gera uma redução da densidade populacional dos hospedeiros, diminuindo a pressão sobre a população. Deste modo, parasitas denso-dependentes exercem um papel fundamental na regulação natural das populações de hospedeiros e na dinâmica dos ecossistemas, induzindo a saúde e o equilíbrio das comunidades. (Begon; Townsend; Harper, 2006).

4.1.2. Parasitas de transmissão trófica

Um parasita de transmissão trófica é transferido para os seus hospedeiros através da cadeia alimentar, isto é, através do consumo de alimentos contaminados. Sendo assim, ao invés da transmissão direta, o parasita passa de um organismo para o outro ao ingerir o alimento infectado. Por exemplo, suponha que um parasita vive no intestino de um peixe. Esse parasita, como parte do seu ciclo biológico, irá se reproduzir e liberar ovos ou cistos no ambiente aquático. Quando um predador, podendo ser um peixe maior ou uma ave, ingere o peixe infectado, o parasita é transferido para o novo hospedeiro. Assim, o parasita passeia pela cadeia alimentar, passando de organismo para organismo enquanto é consumido. (Combes, 2005).

Esses parasitas possuem ciclos de vida complexos que envolvem muitos hospedeiros, podendo influenciar tanto seus hospedeiros diretos, quanto influenciar a dinâmica das populações dos organismos que estão na cadeia alimentar, visto que, se um parasita reprimi a saúde e a fertilidade de seus hospedeiros, pode impactar nos predadores que se alimentam deles, gerando um efeito cascata na

rede alimentar. Desta forma, parasitas de transmissão trófica utilizam a teia alimentar para se propagar através de seus hospedeiros, desempenhando uma função notável na dinâmica das comunidades ecológicas. (Combes, 2005).

4.1.3. Parasita castrador

O parasita castrador, ao infectar seu hospedeiro, altera diretamente na sua capacidade de reprodução, constantemente reduzindo ou eliminando drasticamente suas atividades reprodutivas. O parasita, ao invés de matar o hospedeiro, desvia os recursos dos indivíduos infectados para si próprio, resultando em perda parcial ou total da capacidade de deixar descendentes. (Budion, 1975).

O parasita castrador afeta ambos os sexos (macho e fêmea) e, ao impedir a reprodução, assegura que a energia que normalmente seria utilizada pelo hospedeiro para reprodução seja direcionada para a alimentação do parasita. Esse fenômeno é comum em certos crustáceos marinhos, no qual os parasitas se infiltram em seus corpos impedindo a produção de gametas, utilizando a energia do hospedeiro para o seu próprio desenvolvimento. Esse tipo de parasitismo não é imediato, tornando o relacionamento duradouro e vantajoso para o parasita. (Budion, 1975).

Embora o organismo parasitado permaneça vivo e funcional, sua incapacidade de reprodução causa um impacto profundo na dinâmica das populações. Em resumo, esse tipo de parasita é eficaz em manipular os hospedeiros, sobrepondo suas próprias necessidades e, com isso, perturbando significativamente a ecologia e a evolução das espécies envolvidas. (Budion, 1975).

4.1.4. Parasita castrador de transmissão trófica

É um organismo que vive às custas de outro, afetando gravemente a reprodução dos hospedeiros. O parasita castrador de transmissão trófica intervém de forma tão intensa no ciclo biológico do hospedeiro que o impedem de se reproduzir, fenômeno chamado de “castração parasitária”. Assim como os parasitas

de transmissão trófica, o parasita é transmitido para outros organismos por meio de redes alimentares, em outras palavras, quando o hospedeiro parasitado é predado por outro animal, o organismo parasita consegue se mover para um novo hospedeiro. Sendo assim, esse tipo de parasita rouba os recursos de seus hospedeiros, o impedem de gerar descendentes, alterando a densidade da espécie e ainda utilizam a predação como uma estratégia de se proliferar para novos ambientes e hospedeiros. Além da castração, esse tipo de parasita costuma, ainda, manipular o comportamento do hospedeiro, tornando-o suscetível a predação, favorecendo a transmissão do organismo parasita ao hospedeiro definitivo, que por muitas vezes é o predador do hospedeiro intermediário infectado. (Godfrey, 2013).

4.1.5. Patógeno

O parasita patogênico é um organismo que pode causar doenças em seus hospedeiros. Normalmente vivem dentro ou sobre outros organismos, tomando recursos para sua própria sobrevivência e reprodução, simultaneamente provocando danos aos seus hospedeiros. O termo “patógeno” tange especificamente organismos que causam doenças, ou seja, além do beneficiamento em prol do hospedeiro, o parasita também desencadeia sintomas prejudiciais, como inflamações, infecções ou outros problemas de saúde. (Mira, 2024)

Esse tipo de parasita possui exemplos clássicos como o *Plasmodium*, responsável pela malária, transmitida por mosquitos do gênero *Anopheles*. O protozoário invade as células do fígado e os glóbulos vermelhos, provocando sintomas como anemia e febre. Existem outros exemplos como, o *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de chagas, e vermes como a *Teania solium*, que pode causar, em humanos, a cisticercose. Esses parasitas podem ser transmitidos através de alimentos contaminados, contato direto ou pela picada do vetor, objetivando sempre infectar novos hospedeiros e continuar o seu ciclo de vida. (Mira, 2024).

4.1.6. Patógeno transmitido tropicalmente

Nesse tópico se enquadram organismos parasitas que causam doenças no hospedeiro que são transmitidas em áreas tropicais, normalmente através de vetores mecânicos ou biológicos, como insetos, pelo contato com água, solo ou

alimentos contaminados. Regiões tropicais possuem condições climáticas, como calor e umidade, ideais para a proliferação de diversos parasitas, facilitando sua disseminação. Por exemplo, o *Schistosoma*, o parasita causador da esquistossomose, que é transmitido através do contato com água doce contaminada, comumente encontrada em áreas tropicais e subtropicais. (Valverde, 2013).

As filarioses, que são doenças tropicais parasitárias, enquadradas como doenças tropicais negligenciadas, são consideradas endêmicas em populações de baixa renda, uma vez que esses parasitas são encontrados em maior quantidade em áreas com saneamento básico inadequado e com alta exposição aos vetores transmissores, são típicas dessas regiões, como a *Wuchereria bancrofti*, que é transmitida por vetores que causam a elefantíase. Também se enquadram nesse tópico doenças como, malária, doença do sono, leishmaniose visceral e dengue. (Valverde, 2013).

4.1.7. Parasitoides

São organismos bem pequenos que atuam como parasitas em uma parte significativa do seu ciclo de vida e causam a morte do seu hospedeiro em consequência direta da ação parasitoide. Esses parasitoides preferem diferentes fases de desenvolvimento dos hospedeiros (ovos, larvas, pupas ou adultos), entretanto, eles se desenvolvem dentro desse hospedeiro apenas durante a fase larval, enquanto os adultos são de vida livre. (Faria; Fernandes; Oliveira; Espírito Santo, 2012).

Grande parte dos insetos parasitoides, que vêm sendo utilizado como controle biológico de pragas, está distribuído na ordem dos Himenópteros (vespas com tamanho corporal reduzido), representando uma parcela de 78% dos parasitoides. Cerca de 20% são representados pelas moscas (ordem dos dípteros). Ademais a família dos estafilínídeos (besouros) igualmente compartilham dessa estratégia de vida. (Faria; Fernandes; Oliveira; Espírito Santo, 2012).

4.2. RELAÇÃO PARASITA-HOSPEDEIRO

A relação parasita-hospedeiro tem origens de processos adaptativos consecutivos do organismo parasita em busca da sua sobrevivência sobre ou dentro de um hospedeiro. Neste relacionamento íntimo, os parasitos necessitavam de adaptações para garantir sua própria sobrevivência e estabelecimento da espécie em hospedeiros diferentes, portanto, criaram estratégias para essa permanência. Esse fenômeno de tolerância em um novo ambiente, chamado de capacidade de infectividade vinculado com a capacidade de invadir o sistema imune do hospedeiro, tornam esses organismos uma forma de vida especial. (Parker; Ball; Chubb, 2015).

Condições como alimento e proteção em um ambiente novo foram fatores desencadeadores para tal evolução, onde o parasita aproveita dos recursos disponibilizados pelo seu hospedeiro, como energia e garante a sobrevivência e perpetuação da espécie. Através desta relação ecológica estabeleceu-se uma dependência unilateral, no qual o parasito depende metabolicamente do seu hospedeiro. A relação parasitária primitiva influenciou em diversos aspectos a evolução da espécie humana e sua importância nos ecossistemas. (Parker; Ball; Chubb, 2015).

Devido a essa relação próxima com os hospedeiros e com o ambiente onde vivem, os parasitos são comumente utilizados como indicadores de qualidade de ecossistemas saudáveis, ou, como alertas de ecossistemas insustentáveis. Sendo assim, podem ser considerados ainda como indicadores de mudanças climáticas que alteram tanto a sua população como dos seus hospedeiros conseqüentemente. Ademias, essa interação auxilia na regulação de populações pragas de forma eficiente, uma vez que um único parasita pode matar vários indivíduos, enquanto minimiza os danos ambientais, pois substituem o controle químico e seus efeitos colaterais nocivos presentes em muitos pesticidas. (Silva; Brito, 2015).

4.3. O EFEITO DO PARASITISMO

Uma característica comum em infecções por parasitas é a tendência desses organismos de se distribuírem de forma agregada nos hospedeiros. Grande parte dos anfitriões abriga poucos parasitas, por outro lado, poucos hospedeiros abrigam a maior parte da população de parasitas. É nesse último caso que os processos dependentes da densidade se manifestam, seja suprimindo a fecundidade ou pela

sobrevivência do parasita, ou, ainda, afetando a sobrevivência e a capacidade de reprodução do hospedeiro. (Zuben, 1997).

O modo como os parasitas se dispersam é indispensável para a dinâmica populacional entre parasita e hospedeiro. O padrão de distribuição agregada dos parasitas, por exemplo, contribui no aumento da regulação dependente de densidade, afetando tanto a abundância de hospedeiros quanto de parasitas. Ademais, essa distribuição reduz a competição interespecífica entre parasitas. (Zuben, 1997)

Parasitas podem extinguir espécies hospedeiras sensíveis, como é o caso de 50% das aves endêmicas do Havaí, que foram extintas devido a patógenos de aves. Outro exemplo válido é que em riachos, as larvas de tricópteros possuem um papel fundamental na comunidade (KOLHER, 1992), pois se alimentam de algas mantendo seus níveis baixos, impactando negativamente outras espécies herbívoras. No entanto, o tricóptero está suscetível a surtos esporádicos ocasionados por um microparasita altamente específico, resultando na sua densidade por anos. Com o colapso do tricóptero há um aumento na disponibilidade de alimentos, levando ao crescimento da abundância de diversos herbívoros e o aumento na diversidade de espécies devido ao aumento da riqueza e equabilidade, constituindo um caso de coexistência mediada por parasitas.

A modificação na fisiologia e no comportamento de seus hospedeiros, e conseqüentemente influência destes sobre o funcionamento de determinada comunidade é outra característica encontrada nas infecções por parasitas, utilizando dessas habilidades para facilitar que os seus hospedeiros sejam predados por outros animais, espalhando-os mais amplamente para outras espécies. Resultando numa cadeia alimentar forjada conforme seu comportamento. (Lopes, 2008).

4.4. A DINÂMICA DA RAINHA VERMELHA

“Aqui temos que correr o máximo possível para continuarmos no mesmo lugar” – Lewis Carroll (1865). A icônica frase, foi pronunciada pela Rainha Vermelha, que serviu de inspiração para o nome da teoria, ao conhecer Alice na Terra Além do Espelho no livro “Aventuras de Alice no País das Maravilhas”. Em outras palavras, o princípio da Rainha Vermelha, proposto por Leigh Van Valen (1973), diz que, a

evolução constante de parasitas para maximizar e aprimorar sua virulência e o desenvolvimento contínuo do hospedeiro para minimizar essas propriedades dos parasitas garantem um “equilíbrio” competitivo, no qual não há vencedores ou perdedores, apenas a coevolução. (Olmos, 2016).

A ideia é um conjunto de grandes conceitos já existentes, como por exemplo a “luta pela sobrevivência” (Darwin, 1859), expressão essa que já tinha sido usada pelo geólogo britânico Charles Lyell, para demonstrar sua crença que espécies estão constantemente em conflito com um ambiente em deterioração constante (Lyell, 1832). A inovação principal de Van Valen foi a ênfase facultada aos fatores puramente bióticos. (Valen, 1973).

Uma das linhas de teste para a hipótese da Rainha Vermelha se baseia em acompanhar o desenvolvimento co-evolucionário nas espécies ecologicamente relacionadas. Sendo assim, a hipótese prevê “corridas armamentistas” com predadores evoluindo para obter suas presas e as presas evoluindo para desviar dos predadores, pois, se um deles conseguir uma vantagem evolucionária notável, poderá acarretar a extinção do outro. (Pera; Ângulo-Valencia; Benedito, 2020).

A princípio, pode parecer que a coevolução de parasitas e hospedeiros favoreça desproporcionalmente os parasitas. Isso porque eles possuem algumas vantagens claras, como, populações maiores, tempos de geração mais curtos e altas taxas de mutação. Essas características permitem que esses organismos se adaptem rapidamente, deixando-os sempre um passo à frente dos hospedeiros. No entanto, é observado um cenário diferente nas populações naturais, onde, na realidade, há um equilíbrio dinâmico entre parasitas e hospedeiros, no qual hospedeiros se esforçam para despistar seus parasitas e parasitas tentam incansavelmente ludibriar as defesas dos hospedeiros. (Pena, 2009).

A hipótese pressupõe que a evolução seja algo constante, seria como caminhar em uma esteira para permanecer no mesmo lugar. Sendo assim, a adaptação das espécies não segue uma trajetória em direção a um estado de perfeição, uma vez que, quando determinada espécie se estabelece em um ambiente, seu nível de ajuste não melhora, apenas é mantido através de adaptações contínuas, desencadeadas pela seleção natural, em resposta às mudanças constantes nos fatores bióticos e abióticos do ambiente. (Pera; Ângulo-Valencia; Benedito, 2020).

A reprodução sexuada, que possibilita a recombinação genética, aumenta a variabilidade genética dentro da população hospedeira, se tornando indispensável para evolução de defesas contra os parasitas, uma vez que cada nova geração de hospedeiros possuirá uma combinação única de genes. Esse aparato possibilita que o hospedeiro tenha resistência natural à infecção por parasitas mesmo que ainda não tenha o encontrado, mantendo o equilíbrio entre as duas partes. (Pera; Ângulo-Valencia; Benedito, 2020).

A diversidade tem tendências à constância ao decorrer do tempo ecológico e evolutivo, pois taxas de extinção e especiação tendem a ser constantes ao longo do tempo evolutivo e ecológico. Os equilíbrios ecológicos, são comprovados por uma longa literatura relacionada ao tempo ecológico e aos equilíbrios evolutivos. As previsões retiradas da Hipótese da Rainha Vermelha parecem encontrar reforços em dados paleontológicos e ecológicos. (Pera; Ângulo-Valencia; Benedito, 2020).

4.5. IMITAÇÃO LETAL: O MIMETISMO DOS PARASITOIDES

Na integra parasitoides são seres vivos que, a fim de completar o seu desenvolvimento, acabam causando a morte de seus hospedeiros (normalmente outro inseto que, geralmente, são pragas de alguma cultura). O sufixo “oide” vem do grego, que denota “que imita”, sendo assim, parasitoides são organismos que “imitam” comportamentos de parasitas. Vale destacar que esses indivíduos atuam como parasitas apenas durante o estágio larval, uma vez que na vida adulta, são organismos de vida livre. A relação parasitoide-hospedeiro pode até parecer aterrorizante, entretanto, na natureza não existe certo ou errado. Quando o hospedeiro de um parasitoide é um inseto considerado praga, o parasitoide se torna um agente ideal de controle biológico, colaborando com a manutenção do equilíbrio no meio ambiente. (Costa, 2022).

Esses organismos possuem um ciclo biológico digno das telonas, afinal a poesia da morte que estes seres estabelecem com seus hospedeiros permite a perpetuação da sua espécie. O filme dirigido por Ridley Scott, *Alien, o oitavo passageiro* (1979) traz em uma abordagem realística, do ciclo de vida apavorante de um parasitoide, que no filme, é interpretado por um organismo alienígena, no qual ainda no estágio larval, é inserido no corpo de um humano, onde se alimenta utilizando dos recursos de seu hospedeiro, até romper o abdômen do indivíduo

parasitado e matá-lo conseqüentemente. Essa estratégia é um clássico do repertório diverso utilizado pelos organismos parasitoides ao decorrer de suas vidas. (Faria; Fernandes; Oliveira; Espírito Santo, 2012).

Os parasitoides podem ser classificados de acordo com a forma com que exploram seus hospedeiros, sendo divididos entre idiobiontes, onde as fêmeas desse parasitoide antes da oviposição, imobilizam ou matam o hospedeiro, independente de seus estágios, deixando uma fonte de alimento indefesa à disposição da larva do parasitoide. E, os cenobiontes, que permitem o desenvolvimento do hospedeiro mesmo após a oviposição, causando sua morte em uma fase mais avançada do ciclo de vida. A subdivisão pode ocorrer ainda a depender do número de organismos que se desenvolvem dentro de um único hospedeiro, podendo ser solitários (um único indivíduo) ou gregários (dois ou mais indivíduos). (Costa; Periotto, 2017).

A jornada dos parasitoides na busca por seus hospedeiros pode ser mapeada e descrita de maneira que facilite a compreensão do ciclo biológico desses organismos. O ponto de partida é denominado fase de localização do habitat, onde os parasitoides utilizam seus sentidos, predominantemente o olfativo, para encontrar o habitat de seu hospedeiro. Passada essa primeira fase, a fêmea do parasitoide precisa localizar o hospedeiro, para isso, a maioria das espécies respondem a estímulos químicos específicos (semioquímicos), que podem vir de substâncias liberadas por tecidos vegetais danificados ou as produzidas pelo próprio hospedeiro. Ao final dessa trajetória, a fêmea tem a dura missão de decidir se deve ou não colocar seus ovos no hospedeiro. Essa decisão é guiada a depender da espécie. Nos himenópteros, a resposta é dada através de uma investigação com as antenas, avaliando o tamanho, a forma e a textura da superfície do hospedeiro. Ademias, algumas espécies inserem o ovipositor, dotado de órgãos sensoriais, no hospedeiro a fim de analisar suas condições internas e até detectar a presença de outros parasitoides. Além disso, muitos parasitoides marcam os hospedeiros após a oviposição para usar de sinalização para outras fêmeas dessa espécie, evitando ainda o superparasitismo. (Costa; Periotto, 2017).

As larvas parasitoides possuem as suas classificações quanto ao local onde se desenvolvem. Podem se desenvolver dentro do hospedeiro (endoparasitas), onde invadem os tecidos ou órgão internos do hospedeiro, e durante a fase larval se mantêm no interior do organismo parasitado. Entretanto, alguns parasitoides

preferem se manter sobre o corpo do hospedeiro (ectoparasitas) se alimentando de seus tecidos e fluídos corporais. Embora apresentem essa distinção no local onde se desenvolvem, ambos são parasitoides letais resultando na morte do hospedeiro ao se tornarem organismos adultos. Devido a sua letalidade muitos parasitoides são utilizados como controle biológico, sendo uma maneira sustentável para eliminação de pragas, equilibrando a densidade de suas populações, sem causar danos ao ambiente. (Faria; Fernandes; Oliveira; Espírito Santo, 2012).

4.6. ECOLOGIA AMPLIADA

Ecologia é uma palavra que já passou por diversas interpretações ao longo do tempo, primeiramente em 1869, por Ernest Haeckel, a definindo como “o estudo científico das interações entre os organismos e seu ambiente”. Posteriormente, em 1972, com C. J. Krebs como “o estudo científico das interações que determinam a distribuição e a abundância dos organismos”. Entretanto, estudo mais recentes como os de M. Begon e colaboradores (2007), definem a Ecologia como o “estudo científico da distribuição e abundância dos organismos e das interações que determinam a distribuição e abundância”.

De forma prática, a Ecologia é definida como o estudo das interações que determinam a distribuição e a abundância dos organismos ao longo do tempo. Para isso, essa ciência busca incorporar vertentes voltadas para diferentes níveis de organização. A ecologia de populações e comunidades é uma dessas vertentes, onde no nível das populações oferece uma perspectiva funcional das interações entre os organismos e no nível das comunidades expõe os fatores físicos e biológicos que afetam os organismos e são afetados por eles. Com base nesses estudos, ecólogos discutem os fatores que possibilitam a coexistência das espécies e as razões para a sua grande diversidade em diferentes habitats. Além disso, procuram entender como as interações entre espécies influenciam a estrutura e a funcionalidade das comunidades. (Peroni; Hernandez, 2011).

Na natureza, organismos e populações de espécies não sobrevivem de forma isolada, integrando, sempre, grupos de diferentes espécies que coexistem no mesmo espaço e tempo, conectados por suas interações ecológicas. Ainda sobre o estudo de Peroni e Hernández (2011), a ecologia de comunidades busca compreender e elucidar como esses grupos de espécies são distribuídos na

natureza e de que maneira eles são influenciados pelo ambiente abiótico e pelas interações entre as populações das espécies. Faz-se necessário a compreensão dos limites e condições que afetam esses diferentes níveis de organização, para, enfim, entender como indivíduos, populações e comunidades funcionam.

Indícios, sobre a importância da composição e da diversidade de espécies no funcionamento e na produtividade dos ecossistemas, foram registrados nos últimos tempos. Estudos mostram que a perda desenfreada de biodiversidade está alterando significativamente o funcionamento dos ecossistemas. Os processos envolvidos nesses efeitos têm sido apresentados pela literatura sob duas vertentes: a primeira sugere que, com a baixa diversidade, há uma menor probabilidade de espécies com características-chave estarem presentes na comunidade, resultando em uma menor produtividade. Por outro lado, a segunda perspectiva destaca que, com a queda da diversidade, menos espécies aproveitam os recursos de maneira eficiente. Entretanto, estudos mais recentes propõem que a perda de biodiversidade poderia aumentar a gravidade das doenças, para agregar tal proposta, foram analisados dois estudos recentes. O primeiro, examinou a carga de patógenos em pastagens e revelou que a biodiversidade reduz a severidade das doenças e influencia positivamente a produtividade do ecossistema. O segundo estudo investigou a doença de Lyme, transmitida por carrapatos, e mostrou que a perda de biodiversidade na vida selvagem aumenta o risco de infecção em humanos. Essas questões não são comuns, mas ajudam a compreender o papel dos parasitas nos ecossistemas. (Thomas; Renaud; Guégan, 2005).

4.7. AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE

A agricultura tem origem desde o período neolítico, cerca de 10.000 a 12.000 anos atrás, durante o período da chamada “crescente fértil” caracterizado pela transição de sociedades caçadoras-coletoras para o cultivo de plantas e a domesticação de animais. Dessa forma, a agricultura é uma das atividades mais antigas e essenciais para a sobrevivência humana, responsável, principalmente, por garantir os alimentos e outros produtos que sustentam a nossa sociedade. Com o crescimento acelerado da população e o aumento exponencial da demanda por recursos agrícolas, as práticas utilizadas precisam fundamentalmente ser avaliadas de modo que se reconheça a indispensável importância da preservação da

biodiversidade, uma vez que está é essencial para manter a saúde dos ecossistemas agrícolas. (YaraNutre, 2024).

A enorme diversidade de formas de vida no planeta Terra exerce um papel primordial na agricultura, embora essa contribuição tenha uma passagem despercebida muitas vezes. A relação interligada entre a biodiversidade e a agricultura são essenciais para o equilíbrio e o bom funcionamento dos ecossistemas. Têm-se como exemplos a polinização e a fertilização, o controle de pragas e doenças, a fertilidade do solo, as adaptações às mudanças climáticas, a prevenção dos recursos naturais e a promoção da sustentabilidade. Esse aglomerado de situações provam as diversas relações íntimas e indispensáveis entre a agricultura, como um ecossistema, e a biodiversidade, como uma ferramenta que garante o sucesso desse ecossistema. (YaraNutre, 2024).

4.8. PARASITISMO ECOLÓGICO

Apesar de seu tamanho, alguns parasitas apresentam impactos gigantescos nos ecossistemas no qual pertencem. Por exemplo a erva da espécie *Rhinanthus minor* é uma planta parasita nativa da Europa que crava suas raízes na grama e absorve sua umidade até o ressecamento do hospedeiro. Em locais que não existem ervas *R. minor*, prados de flores silvestres se transformam em pastagens. Já nos lugares que possuem a presença do parasita, ocorre o enfraquecimento das gramíneas hipercompetitivas, resultando em uma diversidade de flores em um prado de flores silvestres. Na substituição das gramíneas por flores silvestres, a *R. minor* atrai também insetos polinizadores que, conseqüentemente, atraem aves e anfíbios. De fato, ervas *R. minor* compõe a base que sustenta todo o prado de flores silvestres e contribuem na preservação delas. (Farah, 2021).

Os nematoides exercem diversas funções nos ecossistemas. Apesar de existirem os de vida livre que se alimentam de matéria orgânica e exercem um papel essencial na reciclagem de nutrientes, existem também os nematoides parasitas que infectam diversos hospedeiros diferentes como, plantas, insetos, animais ou seres humanos. Adentrando um pouco mais nesse filo, encontra-se ainda os nematoides

entomopatogênicos ou nematoides benéficos que constituem relação única com os insetos. Esses organismos são predadores naturais de diversos insetos e exercem um papel fundamental no controle biológico de pragas, tornando-os benéficos para a agricultura. Apesar de não causarem prejuízos aos seres humanos, animais ou plantas, ainda assim, são altamente capazes no controle de insetos danosos. (Agro Bayer, 2023).

Outro exemplo bastante utilizado no controle biológico para o controle de espécies é o da cochonilha-dos-capins, *Antonina graminis*, que é extremamente prejudicial a muitas espécies de gramíneas que são utilizadas na formação de pastagens. No intuito de combate dessa praga foi trazido do Texas o parasitoide *Neodusmetia sangwani*. A forma adulta da espécie é uma vespa que mede cerca de 1mm e vive pouco tempo, entre 12 e 48 horas. O ciclo começa com a fêmea depositando seus ovos no interior do corpo da cochonilha. As larvas eclodem e enquanto se alimentam da cochonilha, impedem a proliferação de ninfas, ocasionando a morte do hospedeiro. Esse processo mantém a população de cochonilhas abaixo do nível de dano e gera equilíbrio entre as populações de gramíneas e cochonilhas. (Filho; Costa; Hojo, 2017).

Com base nos exemplos apresentados, fica evidente que os parasitas desempenham papéis indispensáveis nos ecossistemas e com impactos positivos para o controle de espécies. A classificação dos parasitos destaca a diversidade de estratégias para a sobrevivência e reprodução destes organismos. Ademais, a interação parasito-hospedeiro como ferramenta ecológica resulta em benefícios, como a manutenção da biodiversidade e o controle biológico atuando como peças fundamentais no controle de espécies. Exemplos como a planta parasita *Rhinanthus minor*, que promove a diversidade em prados de flores silvestres, e os nematoides entomopatogênicos, demonstram como os parasitos podem contribuir no equilíbrio ecológico e na saúde dos ecossistemas. Sendo assim, o estudo de parasitoides evidenciam sua importância e potencial no controle de espécies que acabam se tornando pragas, evitando extinção e mantendo o equilíbrio entre as espécies dentro de um ecossistema. (Filho; Costa; Hojo, 2017).

4.9. CONTROLE BIOLÓGICO

Definido como “controle de um microrganismo por outro microrganismo”, o controle biológico é um processo natural onde a quantidade de plantas e animais é regulada por inimigos naturais, que atuam como agentes de mortalidade. Assim, todas as espécies, tanto de plantas quanto de animais, são afetadas por inimigos naturais que atacam diversos estágios de suas vidas. Podendo ser definido como o controle de um organismo sobre a população de outro organismo, normalmente organismos considerados pragas que, segundo o dicionário botânico, diz respeito a todo animal nocivo ou doença que tenha capacidade de destruir plantas ou plantações. (Junior, 2022).

Os agentes de Controle Biológico podem ser classificados como macro e microrganismos, sendo os macroorganismos animais passíveis de serem observados a olho nu e microrganismos cuja estrutura só é identificada através da utilização de um microscópio. Desse modo, o controle biológico diz respeito ao controle das pragas mediante a utilização de inimigos naturais pertencentes a cinco grupos: predadores, parasitoides, parasitas, competidores e entomopatogênicos. (Junior, 2022).

Os controles biológicos se dividem ainda em três tipos: a) controle biológico natural, ocorre com os inimigos naturais que já estão presentes no campo, ou na área onde se encontra a praga; b) o método clássico, onde pequenas quantidades de inimigos naturais são introduzidos em uma determinada região, permitindo que eles se estabeleçam no novo habitat e controlem a praga; c) o controle biológico aplicado que consiste na criação em larga escala de inimigos naturais em biofábricas, utilizando hospedeiros alternativos, no qual esses inimigos são liberados periodicamente e de forma massiva no campo, em períodos prolongados, para combater as pragas. (Paranhos; Nascimento; Walder, 2009).

4.9.1. Controle biológico de moscas-da-fruta

Historicamente era comum que as moscas-das-frutas fossem tradicionalmente vistas apenas como uma praga incômoda, entretanto pesquisas recentes comprovaram que essas moscas têm o potencial de contaminar os alimentos, uma vez que esses pequenos vetores se alimentam e se reproduzem em locais com matéria em decomposição, locais ricos em bactérias. (ECOLAB, 2024).

O que seria inicialmente um pequeno problema acaba se tornando uma praga capaz de acabar com a qualidade dos frutos de diversas regiões. Conhecidas cientificamente como *Thphritidae* essas pequenas moscas possuem a capacidade de colocar até 100 ovos por dia e esses, por sua vez, se tornam adultas reprodutivas em apenas uma semana. O grande problema desses pequenos insetos é que além do rápido ciclo biológico e da alta taxa de reprodução, essa espécie ainda pode atacar variedades de frutas. (ECOLAB, 2024).

Entre os diversos agentes de controle biológico de *Thphritidae*, as vespas parasitoides *Doryctobracon areolatus* nativas do Brasil, alcançam até 40% de parasitismo das larvas da mosca, sendo o parasitoide mais abundante e frequente. O controle ocorre quando as vespas depositam seus ovos nas larvas das moscas-das-frutas e ao eclodirem, as larvas do parasitoide se alimentam das larvas das moscas, eliminando a praga que causa danos aos frutos. Para que as vespas não se tornem uma nova praga, elas são vendidas por laboratórios com a incapacidade de deixar descendentes. Ao introduzir e estimular o crescimento, de forma regulada, dos parasitoides em áreas afetadas pelas moscas-das-frutas, mantém-se o equilíbrio ecológico do local, evitando o crescimento descontrolado da praga de forma sustentável e que não prejudique o ambiente, preservando a biodiversidade e a saúde do ecossistema. (Paranhos; Nascimento; Walder, 2009).

4.9.2. Controle biológico Florestal

O Brasil atualmente possui 58,5% do seu território coberto por florestas, o equivalente a 497.962.509 hectares. Desse total, 98% correspondem a florestas naturais enquanto o 2% restantes são florestas plantadas (SNIF). A araucária (*Araucaria angustifolia*), a única espécie do gênero araucária encontrada no país, é natural das regiões Sul e Sudeste e faz parte dessa estatística há cerca de 200 milhões de anos e atualmente é listada como ameaça de extinção no Brasil e pela União Internacional para a Conservação da Natureza. (Bourscheit, 2022).

A importância ecológica dessa espécie é indiscutível, pois seu fruto, o pinhão, servem como fonte de alimento para pequenos animais, incluindo estações de inverno, época do ano com escassez de recursos. Animais como a gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*) é uma das aves que se beneficiam do pinhão e são as responsáveis pela dispersão das sementes da araucária, uma vez que enterram o

pinhão em diferentes locais para estocagem e se esquecem de alguns, ajudando a regeneração das florestas, pois essas sementes germinam e dão origem a novas árvores, oportunizando a manutenção e expansão da espécie. Além das aves, outros animais com mamíferos, insetos e roedores também se beneficiam da semente, utilizando o mesmo método de estocagem, aumentando a chance de germinação em diferentes áreas e comprovando a extensa rede de interações ecológicas que o pinhão sustenta e que são essenciais para a resiliência do ecossistema, sendo assim, a sua disponibilidade pode, diretamente, influenciar a sobrevivência e a fecundidade dessas espécies. (Baggio, 2014).

Fungos micorrízicos estabelecem uma relação simbiótica com as raízes de *Araucaria angustifolia*, associando-se a elas e auxiliando na absorção de nutrientes. A relação entre a araucária, seus dispersores de sementes e os microrganismos, sustentam o equilíbrio da complexa rede de conexões que sustentam um ecossistema saudável. (Baggio, 2014).

A araucária demonstra importância indispensável para a qualidade e o equilíbrio do ecossistema e suas redes de interações, entretanto a majestosa árvore natural está marcada para desaparecer até 2070. As queimadas e o desmate são responsáveis por parte desse índice (Baggio, 2014), porém, outro indivíduo, de pequeno porte e grande impacto, é a broca do pinhão (*Cydia araucariae*), também responsável pela diminuição de germinação das araucárias. Atualmente essa espécie tem sido retratada como a praga protagonista da *Araucaria angustifolia*, sendo encontrada em toda a região de ocorrência dessa espécie florestal. (Baggio, 2014).

As lagartas de *Cydia araucariae* acarretam sérios problemas às araucárias, afetando seus órgãos reprodutivos e, esporadicamente, os vegetativos. Todavia, o impacto mais grave é no pinhão, onde ocorre a destruição do interior da semente, dificultando a germinação. A oviposição é feita na base da pinha e a incubação dura 4 dias. Após a eclosão, as brocas caminham em busca de um local de alimentação, penetrando na pela base em direção ao eixo central, onde pode, ou não, ocorrer a alimentação. A partir deste ponto as larvas atingem o pólo axial do endosperma (pinhão) e iniciam alimentação. O corpo larval terá a sua coloração variada entre esverdeado, leitoso ou cinza-encardido, a depender do tipo da alimentação. (Baggio, 2014).

O controle biológico da espécie *Cydia araucariae* ainda é incerto. Na atualidade são utilizados pesticidas, como, o brometo de metila e o bissulfeto de carbono. Entretanto, inúmeras pesquisas já relatam os danos causados por pesticidas, ao meio ambiente. Em uma tentativa de solucionar esses prejuízos causados à araucária, estudos estão sendo desenvolvidos a respeito do controle biológico dessa praga com duas espécies de moscas, sendo elas, *Leskiella* sp. e *Gymnocarcelia* sp. ambas são parasitos da broca, porém seus efeitos e ações sobre as brocas ainda são desconhecidos. (Manual de pragas em Florestas, 1993).

5. CONCLUSÃO

O estudo abordado no presente trabalho demonstrou a relevância dos parasitas e parasitoides como ferramenta ecológica na manutenção do equilíbrio ecossistêmico. Através da apuração dos papéis que esses organismos desempenham na regulação populacional e na promoção da biodiversidade, evidenciou-se que, longe de serem meramente prejudiciais, os parasitas e parasitoides são peças fundamentais para a saúde dos ecossistemas.

Os resultados obtidos indicam que esses indivíduos influenciam significativamente a dinâmica das populações hospedeiras, afetando aspectos como reprodução sobrevivência e distribuição geográfica. Ademais, suas interações nas cadeias alimentares e os efeitos sobre a saúde dos ecossistemas ressaltam a necessidade de uma abordagem mais integrada na gestão ambiental, que considere a complexidade das relações ecológicas.

No contexto das araucárias, espécie em risco de extinção no Brasil, o controle biológico das pragas que afetam sua reprodução, como a broca-do-pinhão é indispensável. As pesquisas sugerem que métodos de controle baseados em parasitoides, como *Leskiella* sp. e *Gymnocarcelia* sp., podem oferecer alternativas mais sustentáveis e menos prejudiciais ao meio ambiente em comparação aos pesticidas tradicionais. Sendo assim, os avanços das dinâmicas parasita-hospedeiro e no desenvolvimento de estratégias de controle biológico podem contribuir significativamente para a conservação das araucárias e de outros ecossistemas florestais. Entretanto, são necessárias pesquisas adicionais para validar a eficiência e eficácia desses parasitoides e garantir a segurança ambiental na aplicação dessas técnicas.

Apesar dos estudos mostrarem a eficácia dos parasitas e parasitoides no controle de espécies, lacunas ainda estão presentes na temática, afinal muitos dos estudos são realizados em condições controladas de laboratório, sendo assim, a aplicabilidade desses resultados em ambientes abertos ainda carece de validação. Além disso, alguns estudos indicam que a eficácia dos parasitoides pode diminuir em áreas com baixa biodiversidade, sugerindo uma limitação importante na sua aplicação em monoculturas.

O estudo sobre parasitas e parasitoides como ferramenta ecológica carece de novos estudos e artigos, dificultando a obtenção de informações a respeito do tema, sendo necessárias maiores investigações que possibilitem garantir a eficiência desses organismos no controle de espécies no ambiente e na manutenção do equilíbrio ecossistêmico.

Por fim, a comunicação dos achados deste estudo é essencial para promover a conscientização sobre a relevância dos parasitas e parasitoides na conservação da biodiversidade e na sustentabilidade ambiental. Espera-se que este trabalho contribua para um maior reconhecimento da importância desses organismos e inspire futuras pesquisas e ações voltadas para a preservação dos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURA e Biodiversidade. [S./]: **Blog YaraNutre**. Jan. 2024. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/biodiversidade/>. Acesso em: 13 set. 2024.

ALVES, Jessica. **Relações Ecológicas**. [S./]: Educa+Brasi, 04 jan. 2019. Disponível em: https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/biologia/relacoes-ecologicas?gad_source=1&gclid=EAlaIqobChMI27bb6IPPiAMVaFVIAB0k0AtYEAMYASAAEgJyFPD_BwE. Acesso em: 19 set. 2024.

BAGGIO, Amilton João. **Cultivo da Araucária**. Sistemas de Produção Embrapa, 7. ISSN 1678-3913 7. Versão Eletrônica. 2 ed. Out. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155562/1/EmbrapaCultivoDaAraucaria2014.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

BAILLY, Anatole. **Dictionnaire grec-français**. 16 ed. Paris: Hachette, 1950. Acesso em: 02 mai. 2024.

BEGON, Michael.; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Artmed. Porto Alegre, 2006. Acesso em: 05 mai. 2024.

BOURSCHEIT, Aldem. **Araucárias em rota de extinção dão cortadas com aval dos órgãos públicos**. [S.l.]: Mongabay, 15 mar. 2022. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/2022/03/araucarias-em-rota-de-extincao-sao-cortadas-com-aval-dos-orgaos-publicos/#:~:text=Risco%20de%20extinção%20até%202070,ela%20pode%20desaparecer%20até%202070>. Acesso em: 10 set. 2024.

BUDION, Mario. **Host Castration as a parasitic Strategy**. v. 29, n. 2, p. 335-352. Michigan, Jun. 1975. DOI: <https://doi.org/10.2307/2407221>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2407221>. Acesso em: 11 set. 2024.

COMBES, Claude. **Parasitism: The Diversity and Ecology of Animal Parasites**. 2. ed. Cambridge University, 2005. Acesso em: 6 set. 2024.

COSTA, Tereza. **Insetos parasitoides**: os “Aliens” da natureza. [S.l.]: Invivo, 03 out. 2022. Disponível em: <https://www.invivo.fiocruz.br/biodiversidade/insetos-parasitoides/>. Acesso em: 19 set. 2024.

COSTA, Valmir Antonio; PERIOTO, Nelson Wanderley. **Tecnologia sustentável**: insetos parasitoides. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/handle/123456789/323>. Acesso em: 11 set. 2024.

CROFTON, H. D. **A quantitative approach to parasitism**. Parasitology. v. 2, n. 2, p. 179-193. Cambridge University, abr. 1971. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0031182000071420>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/parasitology/article/abs/quantitative-approach-to-parasitism/441E0546D967AF3A6C3516DCA740B56A>. Acesso em: 25 abr. 2024.

DARWIN, C. **On the origin of species**. Albemarle Street, London, p. 502. 1859. Acesso em: 10 mai. 2024.

FARAH, Troy. **Apesar do aspecto repugnante, parasitas mantêm os ecossistemas interligados**. National Geographic Brasil. 14 out. 2021. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2021/10/apesar-do-aspecto-repugnante-parasitas-mantem-os-ecossistemas-interligados>. Acesso em: 28 fev. 2024.

FARIA, Maurício L.; FERNANDES, Geraldo W.; OLIVEIRA, Karla N.; ESPÍRITO SANTO, Mário M. **Parasitoides**: insetos benéficos e cruéis. Ciência Hoje, v. 49, n. 291, p. 34-39. 2012. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/parasitoides-insetos-beneficos-e-cruéis/>. Acesso em: 22 ago. 2024.

FILHO, Antonio Batista; COSTA, Valmir; HOJO, Harumi. ***Neodusmetia sangwani (Subba Rao) (Hymenoptera: Encyrtidae) to control Antonina graminis (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae) in pastures in Brazil: a revision.*** 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000432016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/F3LPSwBKZJsRDQkKdgJTfjt/?lang=en>. Acesso em: 01 mai. 2024.

GODFREY, Stephanie S. **Networks and the ecology of parasite transmission: A framework for wildlife parasitology.** 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2013.09.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213224413000254>. Acesso em: 03 set. 2024.

JUNIOR, Aluísio Coelho. **Controle biológico de pragas:** conheça os agentes e programas para um manejo eficiente. [S.l.]: Agroadvance, 31 out. 2023. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-controle-biologico-de-pragas/#:~:text=As%20diferenç%20entre%20parasitas%20e,desenvolvimento%20obrigatoriamente%20matam%20seu%20hospedeiro>. Acesso em: 11 set. 2024.

KREBS, C. J. **Ecology:** the experimental analysis of distribution and abundance. 6. ed. p. 655. Benjamin Cummings, San Francisco, 2009. Acesso em: 11 mai. 2024.

KOHLER, S. L. **Competition and the structure of a benthic stream Community.** Ecol. Monog., v. 62, p. 165-188. 1992. DOI: <https://doi.org/10.2307/2937092>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/2937092>. Acesso em: 04 mai. 2024.

LAFFERTY, K. D; KURIS, A. M. **Trophic strategies animal diversity and body size.** Trends in Ecology & Evolution. v. 17, n. 11, p. 507-513. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02615-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02615-0). Disponível em: [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/abstract/S0169-5347\(02\)02615-0?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534702026150%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/abstract/S0169-5347(02)02615-0?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0169534702026150%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 24 abr. 2024.

LOPES, Reinal José. **Parasitas numerosos ajudam a manter ambiente saudável, mostra pesquisa.** [S.l.]: G1, 24 jul. 2008. Disponível em: <https://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL689842-5603,00-PARASITAS+NUMEROSOS+AJUDAM+A+MANTER+AMBIENTE+SAUDAVEL+MOSTRA+PESQUISA.htm#:~:text=Criaturas%20produzem%20muita%20biomassa%20e%20regulam%20popula%C3%A7%C3%A3o%20de%20hospedeiros%20com%20efici%C3%Aancia.&text=Chegou%20a%20hora%20de%20abandonar,grande%2C%20afirma%20um%20novo%20estudo>. Acesso em: 09 mar. 2024.

LYELL, C. **Principles of Geology.** v. 2. 1. ed. Murray, London, p. 330. 1832. Acesso em: 15 mai. 2024

MACHADO, Claudia; CASTRO, Bruno B. **Relação hospedeiro-parasita.** Ciências Elementar, v. 7, n. 4. 2019. DOI: <http://doi.org/10.24927/rce2019.076>. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2019/076/>. Acesso em: 03 abr. 2024.

MANUAL de pragas em florestas. **Pragas florestais do sul do Brasil**. v. 2. IPEF/SIF, 1993. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/div/manual-de-pragas-em-florestas-v2.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

MIRA, William. **Parasitas**: o que é, quais os tipos e alguns exemplos. [S./]: QueroBolsa, 2024. Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/biologia/parasitas>. Acesso em: 12 set. 2024.

MOSCAS-DAS-FRUTAS e a segurança dos alimentos. [S./]: **Ecolab**, 19 mar. 2024. Disponível em: <https://pt-br.ecolab.com/articles/2024/03/fruit-flies-and-food-safety>. Acesso em: 16 set. 2024.

OLMOS, Fabio. **A teoria da Rainha Vermelha**. [S./]: O Eco, 2016. Disponível em: <https://oeco.org.br/analises/a-rainha-vermelha/>. Acesso em: 10 mai. 2024.

PANTOJA, Lydia Dayanne Maia; PAIXÃO, Germana Costa; BRITO, Erika Helena Salles; MOURÃO, Charles Lelpo. **Princípios de Parasitologia**. 2. ed. 2015. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431690/2/Livro_Principios%20da%20Parasitologia.PDF. Acesso em: 06 abr. 2024.

PARANHOS, Beatriz Jordão; NASCIMENTO, Antônio; WALDER, Júlio Marcos Melges. **Controle Biológico de Moscas-das-Frutas**. *Biologia, Monitoramento e Controle: V Curso Internacional de Capacitação em Moscas-das-Frutas*. 21-29 out. 2009, Vale do São Francisco, Brasil. pp. 29-31. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199333/1/Controle-Biologico-de-Moscas-das-Frutas-pag-29-31.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

PARKER; BALL; CHUBB. **Evolution of complex life cycles in tropically transmitted helminths. II. How do life-history stages adapt to their hosts?** *Journal of Evolutionary Biology* 28: 292-304. Janeiro 2015. DOI: [10.1111/jeb.12576](https://doi.org/10.1111/jeb.12576). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271538406_Evolution_of_complex_life_cycles_in_tropically_transmitted_helminths_II_How_do_life-history_stages_adapt_to_their_hosts. Acesso em: 21 ago. 2024.

PENA, Sergio Danilo. **Parasitas, evolução e sexo**. [S./]: Ciência Hoje, 2009. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/parasitas-evolucao-e-sexo/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PERA, Carolina Costa; ÂNGULO-VALENCIA, Mirtha Amanda; BENEDITO, Evanilde. **O Legado da Rainha Vermelha para a Biodiversidade**: Tendências dos Estudos Desenvolvidos após mais de Quatro Décadas de Formulação. 2020. DOI: [10.4257/oeco.2020.2403.03](https://doi.org/10.4257/oeco.2020.2403.03). Acesso em: 10 mai. 2024.

PERONI, Nivaldo; HERNÁNDEZ, Malva Isabel Medina. **Ecologia de Populações e Comunidades**. Florianópolis, 2011. Disponível em:

<https://antigo.uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Ecologia-de-Populações-e-Comunidades.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2024.

PINTO, Carlos José de Carvalho; GRISARD, Edmundo Carlos; ISHIDA, Maria Marcia Imenes. **Parasitologia**. 2011. Disponível em: <https://antigo.uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Parasitologia.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2024.

PRESTON, Daniel L.; JOHNSON, Pieter T. J. **Ecological Consequences of Parasitism**. The nature education. 2010. Disponível em: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/ecological-consequences-of-parasitism-13255694/#:~:text=Parasites%20also%20influence%20host%20behavior,shaping%20community-%20and%20ecosystem%20structure>. Acesso em: 30 ago. 2024.

REINHARD, Karl; ARAUJO, Adauto; FERREIRA, Luiz Fernando. **Dos caçadores de micróbios a paleoparasitologia molecular**. Ciência Hoje, v. 6, n. 152, p. 32-38. 1999. Disponível em: <http://cpfera.fiocruz.br/docs/pubs/Article104.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2024.

SAIBA mais sobre nematoides. [S.l.]: **Agro Bayer**, 18 jul. 2023. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/saiba-mais-sobre-nematoides>. Acesso em: 07 mai. 2024.

SILVA, Aldeni Barbosa; BRITO, Janaina Moreira. **Controle biológico de insetos-pragas e suas perspectivas para o futuro**. Revista AGROTEC. v. 36. n. 1. p. 248-258. 2015. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v36i1.26306>. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/at/article/view/26306>. Acesso em: 25 ago. 2024.

THOMAS, Frédéric; RENAUD, François; GUÉGAN, Jean-François. **Parasitism and Ecosystems**. Oxford University. Nova York, 2005. ISBN: 0 19 852986 4. Acesso em: 07 set. 2024.

VALVERDE, Ricardo. **Doenças negligenciadas**. AGÊNCIA FIOCRUZ DE NOTÍCIAS. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/doencas-negligenciadas>. Acesso em: 12 set. 2024.

VAN, Valen L. **A new Evolutionary Law**. Evol Theory. 1973. Acesso em: 07 mar. 2024.

ZUBEN, Claudio J. Von. **Implicações da agregação espacial de parasitas para a dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita**. Revista Saúde Pública, v. 31, n. 5, p. 523-530. 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89101997000600014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/Zr9xNTjVsBhqTFbmHkTDsWD/?lang=pt>. Acesso em: 09 mar. 2024.