

UNIVERSIDADE SANTO AMARO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - EAD

AMANDA DE SOUSA TAVARES

RELAÇÃO SIMBIÓTICA ENTRE A VESPA *BLASTOPHAGA PSENES*
E O FIGO (*FICUS CARICA*)

SÃO PAULO
2023

AMANDA DE SOUSA TAVARES

**RELAÇÃO SIMBIÓTICA ENTRE A VESPA *BLASTOPHAGA PSENES*
E O FIGO (*FICUS CARICA*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Mariana de Melo Rocha

**SÃO PAULO
2023**

T228r Tavares, Amanda de Sousa.

Relação simbiótica entre a vespa *Blastophaga psenes* e o figo (*Ficus carica*) / Amanda de Sousa Tavares. — São Paulo, 2023.

32 p.: il., color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) — Universidade Santo Amaro, 2023.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mariana de Melo Rocha.

1. Vespa do figo. 2. *Ficus carica*. 3. Mutualismo obrigatório. I. Rocha, Mariana de Melo, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

Amanda de Sousa Tavares

**RELAÇÃO SIMBIÓTICA ENTRE A VESPA *BLASTOPHAGA*
PSENESE O FIGO (*FICUS CARICA*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da
Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Mariana de Melo Rocha.

SÃO PAULO, ____ de _____ de 2023.

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Profa. Dra. _____

Profa. Dra. Mariana de Melo Rocha – orientadora

Conceito Final: _____

Às minhas mães Rita e Rosimar, meus irmãos e toda minha família e amigos que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu percorresse e concluísse esta importante etapa da minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Expresso meu mais profundo agradecimento a todas as pessoas que me apoiaram e dedicaram parte de seu tempo para contribuir de alguma maneira com meus resultados deste trabalho.

Em primeiro lugar, meu agradecimento a minha orientadora, professora Dra. Mariana de Melo Rocha, por me acolher mesmo não estando mais no quadro da Universidade e continuou me orientando.

Agradeço também a todos meus amigos, que de alguma maneira prestaram apoio; foi um privilégio poder conhecê-los, compartilhar e seguir compartilhando tantas experiências.

Em especial, agradeço a minha família, minhas mães, irmãos e cunhadas pelo amor e apoio que transmitiram todos os dias, por me acompanhar em todos os momentos.

Espero algum dia poder devolver-lhes o muito que me ajudaram.

A todos, meu maior reconhecimento e gratidão!

“Coisas quebradas tem uma certa beleza triste. Depois de anos de histórias e triunfos e tragédias infundidas nelas, elas podem ser muito mais românticas do que coisas novas que não tiveram aventuras.”

Anne Withan E

RESUMO

A relação Simbiótica da vespa do figo *Blastophaga psenes* e o figo *Ficus carica* é um exemplo de mutualismo obrigatório, que ocorre entre indivíduos de espécies diferentes. As vespas do figo são responsáveis por transportar o pólen entre as flores do figo, permitindo a formação dos frutos. Em troca, as vespas encontram abrigo e alimento nas flores do figo. Essa interdependência evidencia a importância da coevolução que se iniciou provavelmente há 75 milhões de anos atrás, na Eurásia, onde os receptores sensoriais da vespa do figo respondem apenas aos compostos voláteis da figueira, o tamanho e a morfologia do ostíolo do figo, garantindo apenas a entrada da vespa do figo. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi pesquisar sobre a importância da relação simbiótica entre a vespa *Blastophaga psenes* e o figo *Ficus carica*. A pesquisa se inicia com uma análise dos "Aspectos Históricos do Figo", destacando a longa história de cultivo e consumo deste fruto. Em seguida, adentra nos "Aspectos Botânicos da Figueira *Ficus carica*", examinando as características da planta. A vespa em questão é detalhada em "Biologia da Vespa *Blastophaga psenes*", incluindo sua morfologia e comportamento. O coração da monografia aborda a "Interdependência Simbiótica" entre a vespa e o figo, destacando como suas vidas estão intricadamente ligadas. O trabalho também destaca a "Importância Ecológica" dessa relação, mostrando como ela afeta o ecossistema em que ocorre, bem como a "Importância Econômica".

Palavras-chave: Figo. *Ficus carica*. Vespa do figo. *Blastophaga psenes*. Mutualismo obrigatório.

ABSTRACT

The symbiotic relationship between the fig wasp *Blastophaga psenes* and the fig *Ficus carica* is an example of obligatory mutualism, which occurs between individuals of different species. Fig wasps are responsible for transporting pollen between fig flowers, allowing the formation of fruits. In return, the wasps find shelter and food in the fig flowers. This interdependence highlights the importance of coevolution that probably began 75 million years ago, in Eurasia, where the sensory receptors of the fig wasp respond only to volatile compounds from the fig tree, the size and morphology of the fig ostiole, ensuring only the fig wasp entry. In this context, the objective of this work was to research the importance of the symbiotic relationship between the wasp *Blastophaga psenes* and the fig *Ficus carica*. The research begins with an analysis of the "Historical Aspects of Figs", highlighting the long history of cultivation and consumption of this fruit. Then, it goes into the "Botanical Aspects of the Fig Tree *Ficus carica*", examining the characteristics of the plant. The wasp in question is detailed in "Biology of the Wasp *Blastophaga psenes*", including its morphology and behavior. The heart of the monograph addresses the "Symbiotic Interdependence" between the wasp and the fig, highlighting how their lives are intricately linked. This work also highlights the "Ecological Importance" of this relationship, showing how it affects the ecosystem in which it occurs, as well as the "Economic Importance".

Key Words: *Ficus carica*. Fig wasp. *Blastophaga psenes*. Mandatory mutualism.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Micrografia de figo domesticado precocemente, encontrado no Vale do Jordão.

Figura 2 – Figueira *Ficus carica*.

Figura 3 – Folhas alternas e de forma variável da figueira.

Figura 4 – Folhas com coloração verde brilhante.

Figura 5 – Folhas lobadas da figueira.

Figura 6 – Flores agrupadas formando uma inflorescência.

Figura 7 – Figos roxos e verdes.

Figura 8 – Anatomia do figo.

Figura 9 – Ciclo de vida da vespa do figo *Blastophaga psenes*.

Figura 10 – Vespa fêmea e macho de *Blastophaga psenes*.

Figura 11 – Esquema da simbiose entre a vespa do figo e o figo.

Figura 12 – Principais países produtores de figo em 2021.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVO	13
3	METODOLOGIA.....	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
	4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DO FIGO (<i>Ficus carica</i>).....	15
	4.2 ASPECTOS BOTÂNICOS DA FIGUEIRA (<i>Ficus carica</i>)	17
	4.3 BIOLOGIA DA VESPA <i>BLASTOPHAGA PSENES</i>	22
5	INTERDEPENDÊNCIA SIMBIÓTICA.....	25
6	IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA	26
7	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	28
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A relação simbiótica entre a vespa *Blastophaga psenes* e o figo, fruto da figueira de nome científico *Ficus carica*, é um fascinante exemplo de coevolução entre um inseto e uma planta que desempenha um papel crucial na ecologia e reprodução dessas espécies. A interdependência simbiótica é conhecida como mutualismo obrigatório, entre esses organismos é uma das interações biológicas mais complexas e especializadas, resultando em benefícios mútuos para ambos os lados. Uma origem mais recente a dispersão desse mutualismo, tenha ocorrido após a separação de Gondwana.¹

A vespa *Blastophaga psenes* é o principal polinizador específico da “flor” da figueira *Ficus carica*, enquanto o figo fornece um abrigo seguro e alimento para a vespa. Esta simbiose única possui implicações que vão além da simples reprodução, influenciando aspectos da ecologia, genética e evolução das espécies envolvidas. Nesta monografia, examinaremos em detalhes os mecanismos dessa relação simbiótica, suas consequências e seu papel no equilíbrio dos ecossistemas, destacando sua importância para a compreensão da biodiversidade e para a conservação da natureza.²

2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi pesquisar sobre a importância da relação simbiótica entre a vespa *Blastophaga psenes* e o figo, fruto da figueira de nome científico *Ficus carica*.

3 METODOLOGIA

Para a elaboração do presente trabalho realizou-se revisão sistemática de literatura método de pesquisa, envolvendo a busca por uma elevada quantidade de informações gerenciada pela autora. Para fazer uma busca mais assertiva, o primeiro passo foi definir os termos (descritores): “vespa do figo”, “*Blastophaga psenes*”, “figueira”, “*Ficus carica*”, “importância econômica”, “simbiose”.

Após, definiu-se as fontes de busca, considerando que, quanto mais abrangentes maiores as chances de encontrar estudos relevantes. Assim, a pesquisa foi realizada em bases de dados eletrônicas, disponibilizadas por plataformas de publicações científicas como Scielo e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), além do uso do buscador Google Acadêmico. Ademais, utilizou-se também a “Minha Biblioteca” que é uma plataforma de biblioteca virtual disponibilizada pela Universidade Santo Amaro (Unisa).

Como critérios de inclusão/exclusão estabeleceu-se o período de publicação (30 anos), idioma (português e inglês) e tipos de publicações (livros, dissertações, teses, artigos científicos, periódicos e monografias), selecionando estudos que traziam respostas para a questão que permeia o presente trabalho.

Realizou-se leitura inspeccional dos estudos selecionados nas buscas, começando pelos títulos e resumos. Após essa análise inicial, elaborou-se a presente revisão referente a importância da vespa *Blastophaga psenes* polinizadora das pequenas flores da figueira *Ficus carica* para a formação do fruto figo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DO FIGO (*Ficus carica*)

O figo é o pseudofruto da figueira *Ficus carica*, pertencente à família Moraceae da ordem Urticales. Possui cerca de duas mil espécies distribuídas entre sessenta e um gêneros, sendo o gênero *Ficus* o maior deles, envolvendo aproximadamente setecentos e cinquenta espécies espalhadas em todos os continentes, exceto na Antártica.^{2,3,4,5}

É originário da região Mediterrânea e Ásia Ocidental. Dispersou-se pela Europa e Brasil durante o período da colonização das Américas. Há relatos que o figo foi o primeiro fruto experimentado pelos indígenas brasileiros na costa Bahiana, trazido pela expedição de Pedro Alves Cabral, em 1500, e logo mais, mudas foram trazidas de Portugal para que fossem cultivadas no país.^{2,3,4,5}

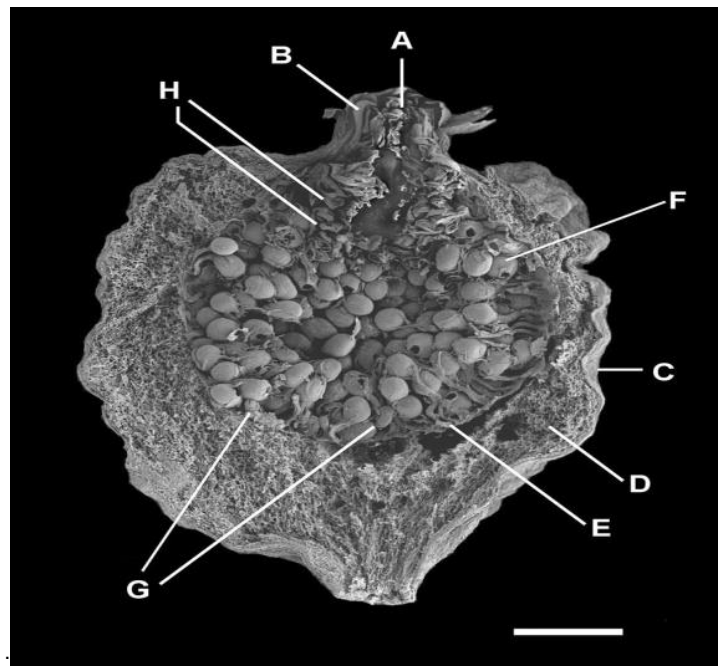
O figo tem uma grande importância histórica com registros arqueológicos, em específico na área arqueobotânica (paleoetnobotânica) sendo encontrados vestígios botânicos em vários sítios arqueológicos. Evidências arqueológicas confirmam que é uma das plantas cultivadas desde o início da domesticação das frutíferas pelo homem. Em sítios arqueológicos de diferentes eras e locais, tais como, depósitos do Terciário e Quaternário na França e Itália, foram encontrados vários vestígios de figos fossilizados menores, porém, bastante parecidos com os cultivados na atualidade.^{2,3,5}

É raro encontrar um fóssil paleoetnobotânico, porém, quando ocorre, costumam estar em estado bem conservado. Um exemplar foi o encontrado em Jericó na Era Neolítica, em Gezer na Palestina, mostrando serem de 5000 a.C. Outras evidências são os sítios encontrados na Grécia e na Mesopotâmia do final da Era Neolítica. Existem também registros de figos do final da Idade do Bronze encontrados em regiões alpinas, como Suíça e norte da Itália, regiões que têm clima desfavorável para o desenvolvimento do fruto, com muito frio e até nevadas.^{2,4}

A presença do fruto figo foi registrada no Egito em representações gráficas de colheita encontradas no túmulo de Knunhotep, em Beni Hasan, datadas de 1900 a.C. Outra evidência foi descoberta em uma maquete encontrada no túmulo de Meketre, chanceler do rei Mentuhotep II, nos jardins egípcios, com desenhos de um criatório de peixes sombreados por figueiras. Pode-se constatar a presença como planta cultivada na história agrícola da humanidade, em particular no Egito.^{2,4}

A figueira com seu pseudofruto figo estar na lista de espécies arbóreas frutíferas citadas na domesticação de plantas do Velho Mundo. Fez parte dos sistemas de produção de alimentos das populações do Mediterrâneo juntamente com uvas e olivas, cerca de cinco mil anos antes do cultivo dos cereais básicos, como trigo e cevada, comprovando essa informação, Arqueólogos israelenses publicaram na revista "Science", Mordechái Kislev, da Universidade Bar-Ilan, em Israel, que a figueira foi a primeira planta domesticada, a partir de sítios, encontrados ao norte de Jericó, na Cisjordânia, território palestino, de nove figos secos inteiros e mais 313 drupeólas (a poupa do fruto). Desde Antiguidade, o figo, por seu sabor especial, tem grande aceitação na alimentação humana (Figura 1).^{2,3,5,6,7}

Figura 1 –Micrografia de figo domesticado precocemente, encontrado no Vale do Jordão.



Legenda: **(A)** entrada do orifício chamado de ostíolo; **(B)** escamas ao longo do ostíolo; **(C)** epicarpo do fruto; **(D)** endocarpo; **(E e F)** drupeletas que emergiram das vespas; **(G)** presença de algumas vespas machos, dentro do sicônio; **(H)** Estames abaixo do ostíolo.

Fonte: Revista Science⁷

A figueira e o figo têm acompanhado o homem desde as primeiras civilizações do Egito, Mesopotâmia, Grécia, Roma e na Terra Santa, na época de Cristo, sendo consumidos com várias finalidades, além de alimentícia, uma planta medicinal.^{2,3,5,6}

Foi a primeira planta citada na Bíblia, no livro de Gênesis, empregada como vestimenta de Adão e Eva, logo após desobedecerem a ordem do Senhor, após provarem o fruto proibido, sentiram constrangimento em estar nus e cobriram a nudez

com folhas da figueira. Citações da figueira e/ou do figo na Bíblia chegam a 57 vezes. A última citação do figo na Bíblia é no livro Apocalipse, onde as estrelas cadentes do céu são comparadas a uma figueira soltando seus frutos em fortes ventos. O Alcorão livro religioso do Islamismo, possui um capítulo inteiro chamado “O figo”. Ainda há referência dessa flora em outras religiões, como no Judaísmo, Hinduísmo e nas antigas culturas mediterrâneas.^{2,6}

4.2 ASPECTOS BOTÂNICOS DA FIGUEIRA (*Ficus carica*)

A figueira *Ficus carica* é uma angiosperma, dicotiledôneas e da família Moraceae, gênero *Ficus*, subgênero *Eusyce* que tem a característica de ter flores unissexuais e ginodiocismo, trata-se de uma árvore ou arbusto decíduo, o que significa que ela perde suas folhas sazonalmente. Pode atingir uma altura de 3 a 7 metros (Figura 2), mas existem variedades menores cultivadas em jardins e vasos, principalmente em solos pobres ou em locais com inverno rigoroso, como da Europa.^{2, 8}

Figura 2 –Figueira *Ficus carica*.



Fonte: Jardim Botânico UTAD⁹

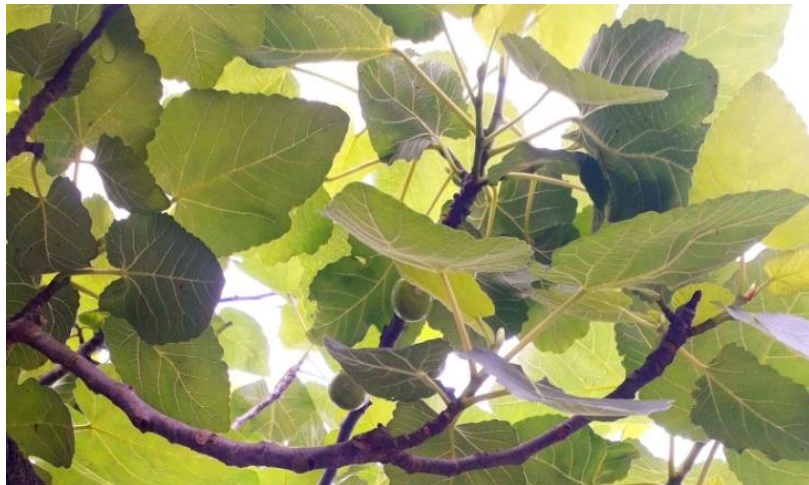
O sistema radicular da figueira é fibroso, com raízes finas e ramificadas, sem uma raiz principal, pouco profunda, mas a registros que em condições adequadas para o seu desenvolvimento, pode aprofunda em até 6 metros, e 12 metros lateralmente longe do tronco, esse sistema de raiz tem vantagens na propagação vegetativa das figueiras, com a absorção e distribuição de água e nutrientes para o

desenvolvimento da planta, o sistema radicular tem uma grande importância, pois armazena as reservas nutritivas, carboidratos, em época de baixa temperatura e a planta se encontra em repouso vegetativo. ^{2,10}

O tronco é geralmente curto, grosso e retorcido com casca lisa de cor cinza-esverdeada que pode desenvolver fissuras com o tempo. Apresentam células lactíferas que produzem látex que é um líquido leitoso branco composto por ficcina, enzima proteolítica com propriedades hidrolisante que pode causar alergia aos colhedores do fruto e até aos consumidores, e pode ser usado na produção de borracha. ^{2,4,5,11,12}

As folhas são consideradas caducas, alternas, simples, palmadas e de forma variável, com margens serrilhadas (Figura 3).²

Figura 3 – Folhas alternas e de forma variável da figueira.



Fonte: autoria própria.

São de tamanho médio, com comprimento variando de 10 a 25 centímetros. A coloração é verde brilhante na parte superior e geralmente mais clara na face inferior (Figura 4). ^{2,4,11}

Figura 4 – Folhas com coloração verde brilhante.



Fonte: autoria própria.

Têm textura ligeiramente áspera (Figura 5). A *Ficus carica* não possui bergapteno e psoraleno em suas folhas, compostos comuns em outras espécies do mesmo gênero.^{2,4,11}

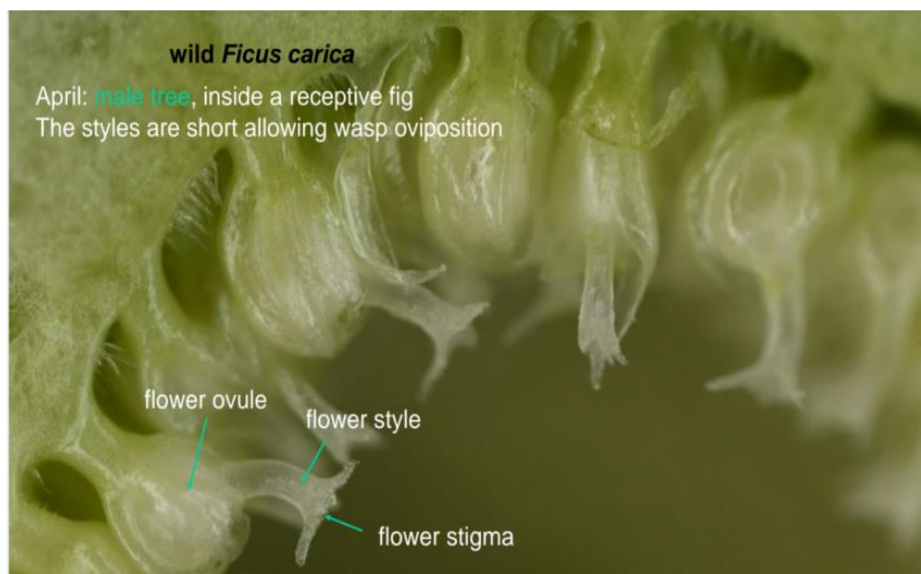
Figura 5 - Folhas lobadas da figueira.



Fonte: Herbario virtual Del Mediterrani Occidental¹³

As flores são pequenas, inconspícuas, agrupadas em inflorescências de coloração amarelo-esverdeado (Figura 6). Elas são unissexuadas e se desenvolvem em duas estruturas diferentes: figos masculinos e as femininas. Existem três tipos de flores: as pistiladas (feminina) com estilete longo, as pistiladas (feminina) com estilete curto, ou seja, só com a presença do aparelho reprodutor feminino, gineceu e as estaminadas (masculino). As duas flores femininas são mais simples, carpeladas, com estigma bífido.^{2,11,14}

Figura 6 – Flores agrupadas formando uma inflorescência.



Fonte: *Ficus carica* and its pollination¹⁵

A flor com estilete curto tem ovário globoso e comprimento de cerca de 0,7mm (Figura 6), adaptada para que ocorra a oviposição pela vespa do figo *Blastophaga pneses*. Já as flores com estilete longo têm estilete com comprimento médio de 1,74mm e possuem ovário mais ou menos ovoide que não é adaptado para oviposição pela vespa. As flores femininas são férteis e após a polinização, ocorre o desenvolvimento do fruto (figo). As flores masculinas apresentam perianto pentapartido com 5 estames e vestígios pistilares.^{2,5,11,12}

Os figos são o principal destaque desta planta. Esses frutos são, na verdade, inflorescências invertidas, onde as flores femininas se desenvolvem internamente. Têm, em geral, formato de pera ou esférico. Sua cor pode variar de verde a roxo escuro quando maduros, dependendo da variedade(Figura 7).^{2,5,11,14}

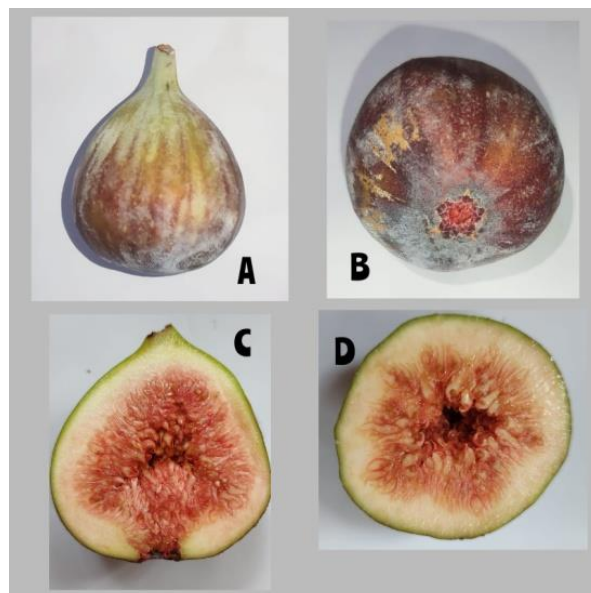
Figura 7 – Figos roxos e verdes.



Fonte: Instituto Brasileiro de Florestas¹⁶

A polpa é suculenta e comestível, constituída de tecido parenquimatoso dos órgãos florais, cujas células se tornaram maiores e armazenaram substâncias de reserva é doce e rica em nutrientes(Figura 8). São amplamente consumidos com frutos *in natura*, e também usados em diversos pratos culinários e sobremesas.^{2,5,11,14}

Figura 8 – Anatomia do figo



Legenda: (A) figo fechado; (B) entrada do ostíolo; (C) corte longitudinal no figo; (D) corte transversal no figo (Fonte: autoria própria)

Possuem vários compostos fenólicos como os ácidos gálicos, que age sobre as enzimas tirosinase e colagenase, que atuam no envelhecimento e degradam o colágeno; ácidos clorogênicos que ajudam a prevenir diabetes, evitam o acúmulo de gordura localizada, contribuem para regular os níveis de glicose no sangue; catequina que ajuda a proteger o sistema nervoso de distúrbios graves, incluindo a doença de Alzheimer e de Parkinson; além dos flavonoides, rutina e quercetina, que atuam diretamente nas células com ação antioxidante e antiinflamatória.^{2,12}

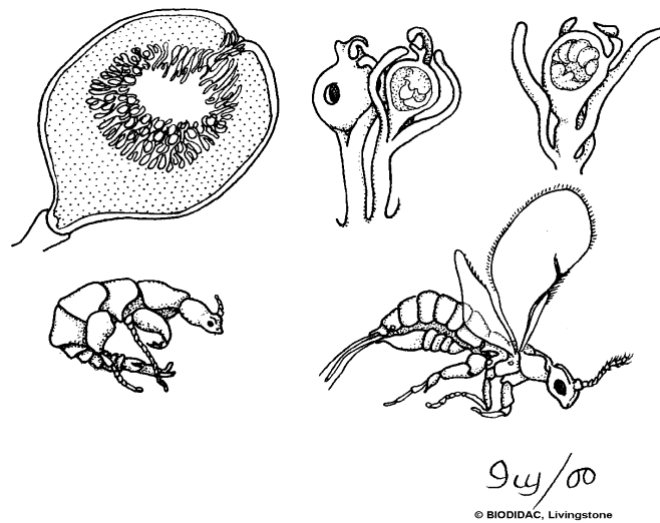
Quando ocorre a formação de sementes, elas apresentam tamanho de 1,5 mm a 2 mm de forma esférica, que pode ser em cerca de 2.000 sementes por fruto, mas a quantidade e tamanho das sementes variam de acordo com a variedade em diversos países ^{2,5,11}

4.3 BIOLOGIA DA VESPA *BLASTOPHAGA PSENES*

A vespa *Blastophaga psenes* pertence a ordem Hymenoptera, família Agaonidae; é popularmente conhecida como a vespa do figo por ser sua única polinizadora.^{8,14,17}

O ciclo de vida da vespa é dividido em quatro fases, a do ovo, larva, pupa e adulto (Figura 9). A fêmea adulta (vespa fundadora) procura um figo, entra nele através de uma pequena abertura natural chamada de ostíolo. Dentro, deposita seus ovos em flores femininas imaturas. Cada figo normalmente abriga apenas uma vespa fundadora.^{2,11,14}

Figura 9 – Ciclo de vida da vespa do figo *Blastophaga psenes*.



Fonte: Casa das ciências¹⁷

A partir dos ovos depositados, surgem as larvas das vespas, que se desenvolvem dentro do figo. Elas se alimentam das flores femininas, que são ricas em nutrientes. Durante essa fase, as flores femininas são polinizadas pela vespa, o que é essencial para que as sementes do figo se desenvolvam. Conforme as larvas se desenvolvem, elas passam para a fase de pupa. A vespa se transforma completamente nesse estágio: asas, pernas e outras partes do corpo começam a se formar. Após a metamorfose completa, a vespa adulta emerge da pupa. Ela é responsável por continuar o ciclo, encontrando novos figos maduros para entrar e repetir o processo de oviposição e polinização.^{2,11,14}

A anatomia da vespa *Blastophaga psenes* é adaptada ao seu estilo de vida, tem tamanho relativamente pequeno, variando de 2,2 a 2,5 milímetros de comprimento, com corpo dividido em três partes principais: cabeça, tórax e abdômen.^{2,11,17,19}

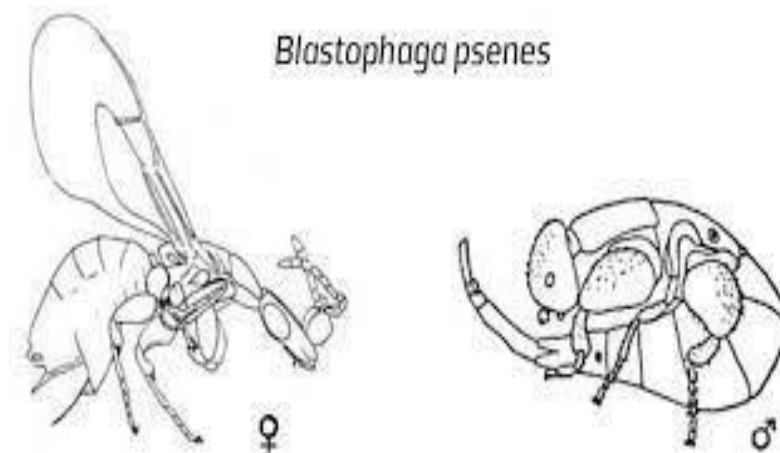
A cabeça da vespa possui antenas, com apêndices mandibulares denteadores serrilhados, olhos compostos. São usadas para detectar substâncias químicas no ambiente, auxiliando a encontrar figos maduros para oviposição. Os olhos compostos são responsáveis pela visão.^{2,11,19,20}

O tórax é composto por três segmentos onde estão localizadas asas e pernas. As asas permitem que a vespa voe de um figo para outro em busca de novos locais

para depositar os ovos. A vespa é atraída por substâncias voláteis liberadas por glândulas de odor nos sicônios, depois que a vespa entra no sicônio pelo ostíolo, perdem as asas e antenas. As pernas são usadas para caminhar e manipular as flores femininas do figo durante a oviposição.^{2,19,20,21}

O abdômen contém os órgãos internos da vespa, incluindo órgãos reprodutivos femininos e ovos em desenvolvimento. É também onde estão localizados os órgãos envolvidos na digestão e eliminação de resíduos. O abdômen da vespa macho tem uma característica específica em formato de telescópico, relacionado ao comportamento de cópula(Figura 10).^{2,9,20}

Figura 10 – Vespa fêmea e macho de *Blastophaga psenes*.



Fonte:Revista ciência elementar²²

A anatomia da vespa do figo é adaptada para seu estilo de vida específico, permitindo que ela realize a polinização dos figos e contribua para a reprodução bem-sucedida dessas plantas. Essa relação simbiótica é uma das interações mais interessantes e cruciais da natureza, destacando a importância da conservação dessas espécies tanto para a vespa quanto para a figueira.^{2,11,19,20}

5 INTERDEPENDÊNCIA SIMBIÓTICA

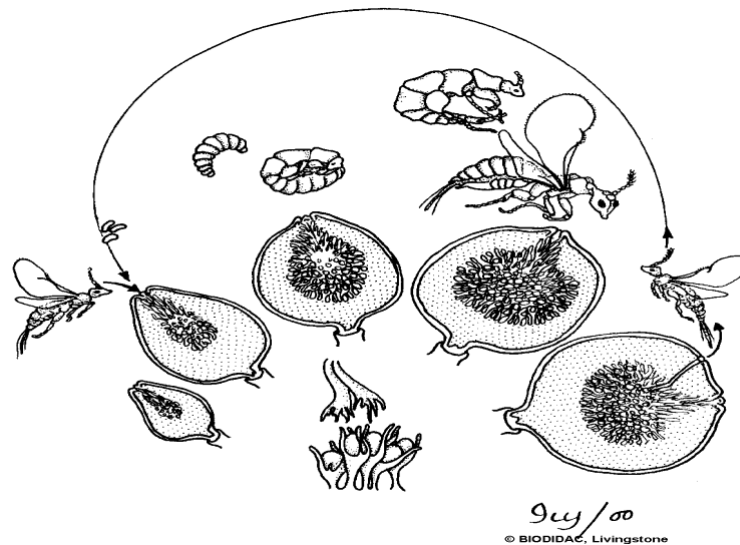
A interdependência simbiótica, entre a figueira *Ficus carica* e a vespa *Blastophagapsenes*, é considerada uma coevolução, qual é uma evolução recíproca entre espécies que pode contribuir para gerar diversidade de espécies. O mutualismo obrigatório entre as espécies, é sugerida que nasceu uma única vez, por que os dois grupos são monofiléticos e tiveram uma diversificação ao longo do tempo geológico, aproximadamente 75 milhões de anos na Eurásia e depois se dispersou e codiversificou em outros territórios, se tornando o único caso conhecido entre uma interação planta-inseto.^{23,14}

Para essa relação chegar até o estágio de hoje, em harmonia, foi preciso passar por mecanismo de adaptação, gerando recompensas a vespa do figo, a planta figueira, se adaptou para desenvolver um estilete curto, ofertando néctar para alimentação da vespa adulta, o néctar e pólen para alimentação da prole, local protegido para oviposição e além de fragrâncias florais adaptadas, que só a vespa do figo consegue detectar e localizar a figueira. E em troca, o animal leva o pólen para outra figueira, garantindo a polinização.¹⁴

As adaptações que garantem a harmonia perfeita entre a vespa e o figo, é pelo tamanho curto de 0,7mm de comprimento do estilete da flor, onde a vespa vai fazer oviposição, já em forma de larva, elas vão se alimentando do interior das grainhas, com os embriões das sementes. As vespas machos completam o ciclo antes das fêmeas, e ainda cegos, rastejam até as fêmeas, fazem o cruzamento, logo em seguida morrem dentro do figo ou fora.^{2,14,22}

As vespas fêmeas no caminho para ostíolo, passam pelas flores masculinas e ficam cobertas de pólen e saem do figo, levando pólen para outra figueira, sendo atraída pelos compostos voláteis, liberada pelos sicônios, que pode ser detectada em até seis metros. Ao encontrar, entra no sicônio pelo ostíolo, perdendo as asas e antenas, se dirigindo até a flor feminina passa pelas masculinas e depositam os polens, e nas femininas, com seu aparelho ovíscaro, colocam um ovo, em cada flor. Depois de polinizar as flores, a vespa completa seu ciclo de vida e é digerida pela ficcina, uma enzima proteolítica que tem no figo(Figura 11).^{2,14,22}

Figura 11 – Esquema da simbiose entre a vespa do figo e o figo.



Fonte: Casa das ciências ¹⁸

6 IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA

O mutualismo obrigatório entre algumas das relações ecológicas mais ameaçadas do planeta, pois uma planta fica dependente do seu polinizador, se ele desaparece, não haverá a dispersão do pólen, não havendo uma continuação do ciclo de produção. As figueiras são plantas únicas que produzem frutos chamados de figos. Sem a vespa do figo, as flores das figueiras não seriam polinizadas e as figueiras não produziram sementes. Isso levaria ao declínio ou mesmo à extinção das figueiras, que são uma importante fonte de alimento para pássaros, morcegos e outros animais.^{1,14,23}

A importância ecológica dessa relação é significativa em vários níveis. Em primeiro lugar, ela é essencial para a sobrevivência das figueiras. Em segundo lugar, a relação entre a vespa do figo e o figo é importante para a biodiversidade. As figueiras são uma família de plantas muito diversa, com cerca de 850 espécies. Cada espécie de figo tem uma espécie de vespa do figo que a poliniza. Isso significa que existem cerca de 850 espécies de vespas do figo diferentes, cada uma adaptada a um determinado tipo de figo.^{1,2}

Em terceiro lugar, a relação entre a vespa do figo e o figo é um exemplo perfeito de como a coevolução pode levar ao desenvolvimento de relações mutuamente benéficas entre espécies diferentes. As figueiras e as vespas do figo evoluíram juntas ao longo de milhões de anos, adaptando-se uma à outra. Isso levou ao desenvolvimento de uma relação complexa e interdependente que é essencial para a sobrevivência de ambas as espécies. A diversidade de figueiras e vespas do figo é essencial para o equilíbrio do ecossistema. As figueiras fornecem alimento e abrigo para uma variedade de animais, enquanto as vespas do figo ajudar a polinizar as figueiras.^{1,14,23}

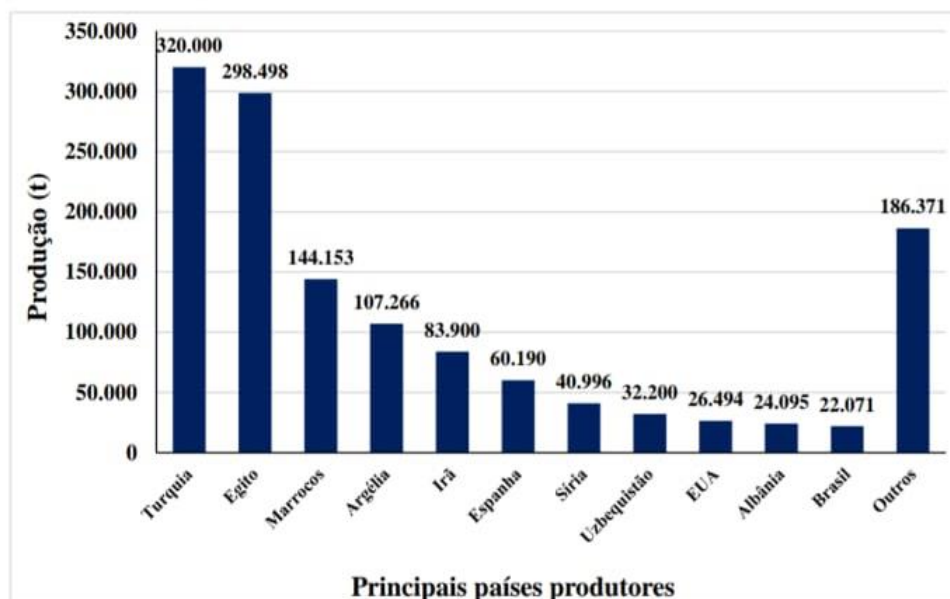
Em conclusão, a importância ecológica da relação de mutualismo entre a vespa do figo e o figo é significativa em vários níveis. A relação é essencial para a sobrevivência das figueiras, para a biodiversidade e equilíbrio do ecossistema.¹

7 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Os maiores produtores mundiais de figo estão na bacia Arábica do Mediterrâneo, tem como a caprificação, sendo um fator que determina a qualidade dos frutos das figueiras, como nos países Egito, Argélia, Marrocos, Irã, Itália, Espanha e Turquia, sendo o maior produtor, mas tem outras regiões com produção significativa de figo, como EUA, China, México, Índia e no Brasil, que ficou em nono maior produtor em 2014 com 28.053 toneladas produzidas e em 2017, deteve a décima terceira posição nos maiores produtores mundiais de figo.^{4,23,24}

Em 2021, a produção de figos mundial foi de 1,34 milhões de toneladas, pelos países Turquia, Egito, Marrocos, Argélia, Irã, Espanha, Síria, Uzbequistão, EUA, Albânia e em décimo primeiro lugar, Brasil, com 22.071 toneladas (Figura 12).

Figura 12 – Principais países produtores de figo em 2021.



Fonte: FAOSTAT²⁵

No Brasil, a figueira começou a ser plantada pelos portugueses no século XVI, a exploração econômica dessa planta no Brasil, teve início a partir de 1910, com o cultivo comercial na região Valinhos em São Paulo, conhecida atualmente como a “Capital Nacional do figo roxo” com a produção exclusiva do Roxo de Valinhos. Atualmente, o Roxo de Valinhos continua sendo o figo mais cultivado no Brasil, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul (39,42%), São Paulo (35,25%) e

Minas Gerais (18,75%), toda essa produção é direcionada para o consumo *in natura* como fruta fresca, seca, em calda, doces e a figada.^{23,24}

A figueira tem uma grande importância socioeconômica, por ser uma planta rústica e de fácil adaptação climática. O cultivo do figo com a relação mutualística pode trazer vários benefícios para o país, como o aumento da produção dos figos com maiores colheitas e mais produtos disponíveis para o mercado, melhoria na qualidade dos frutos com a polinização eficiente, geração de empregos em áreas rurais, desde a produção até a colheita e processamento do fruto, diversificação da agricultura com a introdução do cultivo em regiões específicas, atração de polinizadores naturais colaborando para manter a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas e os impactos ambientais naturais que os polinizadores naturais pode reduzir a necessidade de polinização por abelhas não nativas.^{1,2,14,23}

Todos os figos comercializados do Brasil, é pela forma sem a polinização, mas isso poderia ser alterado com a produção a partir da polinização, com a importação e liberação das vespas polinizadoras, *Blastophaga prieses*, no Brasil. Isso aumentaria a produção e qualidade do fruto.^{26,27}

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nas pesquisas bibliográficas nesse trabalho, foi descrito a importância da relação simbiótica entre a vespa *Blastophaga psenese* e a figueira *Ficus carica*, é um exemplo marcante de interdependência e coevolução na natureza.

Dessa forma, suas importâncias ecológica e biológica são significativas, e impacta a economia, pois afetam a reprodução das figueiras e contribuem para conservações da biodiversidade e do equilíbrio dos ecossistemas. A interrupção dessa relação pode ter consequências negativas para a diversidade de espécies e para o funcionamento dos ecossistemas, destacando a necessidade de medidas de conservação e conscientização ambiental.

REFERÊNCIAS

1. Rech A, Brito VLG. Mutualismos extremos de polinização: história natural e tendências evolutivas. *Oecologia Australis*, 16(2): 297-310, jun 2012.
2. Leonel S, Sampaio AC. A figueira. São Paulo: Unesp: 2011. 398 p.
3. Cascudo, Luiz da Câmara. História da alimentação do Brasil. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1967. 411p.
4. Figueiredo AL. Desempenho agrônomo de cultivares de figueira visando à produção de figos verdes em regiões de clima subtropical. [Dissertação – Mestrado Acadêmico]. Universidade Federal de Lavras, 2017. 35p.
5. Rodrigues MGF. Análise da metilação do DNA de seleções de figueiras (*Ficus carica* L.) por MSAP e sequenciamento. [Tese de doutorado]. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2015. 133p.
6. Pereira T de O, Corrêa L de S, Oliveira JAG de. Desenvolvimento e produção de figueiras submetidas ao controle de nematoides. *Cultura Agrônoma*, v.19, v.4, p.32-38, 2010.
7. Mordechai E, Kislev AH. Offer Bar-yosee. Figo domesticado precocemente no Vale do Jordão. (2006 Jun); (312): 1372-1374. doi: 10.1126/science.1125910.
8. Louis B. Produtividade de figueiras (*Ficus carica* L.) conduzidas com diferentes números de ramos. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Agronomia). Chapecó (SC): Universidade Federal da Fronteira Sul, 2018. 36p.
9. Jardim Botânico UTAD. *Ficus carica* L. [internet]. Portugal. [acesso em 2023 nov 15]. Disponível em: https://jb.utad.pt/especie/Ficus_carica.
10. Medeiros ARM de. Figueira (*Ficus carica* L.) do plantio ao processamento caseiro. 1 ed. Pelotas (RS): Embrapa Clima Temperado, 2002. 16p.
11. Queiroz, TSP. Caracterização, fenologia e caprificação da figueira cultivar Dauphine e captura em massa de mosca-do-figo. [Dissertação de Mestrado]. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2019. 118p.
12. Matos, FJA et al. Plantas tóxicas: Estudo de fitotoxicologia química de plantas brasileiras. 1 ed. São Paulo: Nova Odessa, 2011. 127 e 128 p.
13. Herbário virtual do Mediterrâneo Ocidental. [Internet]. Mediterrâneo Ocidental; [acesso em 2023 ago. 15]. Disponível em: <http://herbarivirtual.uib.es/>.
14. Pereira, R. Polinização por vespas. In: *Biologia da polinização*. 1 ed. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 291 e 307.
15. Hal open science [Internet]. 2020. [acesso em 2023 agosto 15]. Disponível em: <https://hal.science/ha>
16. Instituto Brasileiro de Florestas [Internet]. Minas Gerais; 2020. [acesso em 2023 ago. 18]. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/>
17. Elias LG, do Ó, VT, Farache FHA, Pereira RAS. Efeito das vespas não-polinizadoras sobre o mutualismo *Ficus*- vespas de figo. *Iheringia*, Porto Alegre, 97(3): 253-256, 2007. Acessado em: 12 mar. 2023. Disponível: www.scielo.br/isz.
18. Casa das ciências [Internet]. 2014. [acesso em 2023 ago. 15]. Disponível em: <https://www.casadasciencias.org/>.
19. Hickman, Cleveland. Hexápodes. In: *Princípios integrados de Zoologia*. 16 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
20. Farache FHA. Comunidade de vespas (Hymenoptera, Chalcidoidea) associadas a algumas espécies Neotropicais de *Ficus* (Moraceae). [Dissertação de Mestrado]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2010. 99p.

21. Costa, MFB. Morfologia do estigma de *Ficus* L. (Moraceae) e suas implicações no mutualismo figo-vespa de figo. [Tese de doutorado]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas, 2015. 110p.
22. Fernandes FM, Carvalho LM de, Nunes M de F. Simbiose entre figueiras e vespas. *Revista de Ciência Elementar*, 11(01): 1-6, 2023.
23. Cranston, PS. Insetos e plantas. In: Gullan, P.J. *Insetos: fundamentos da entomologia*. 5 ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017.
24. Nonnenmacher CM. Avaliação qualitativa, produtiva, ecofisiologia e compostos nutracêuticos de cultivares de figueira com diferentes números de ramos. Dissertação [Mestrado]. Erechim (RS): Universidade Federal da Fronteira Sul, 2020. 58p.
25. FAO STAT. [internet]. 2021. [acesso em 2023 nov. 1]. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/>.
26. Leonel S. A figueira. *Rev. Bras. Frutic.*, 30(03):577-856, 2008.
27. Embrapa. Importação e liberação da vespa polinizadora do figo pode melhorar a qualidade da fruta. [internet]. São Paulo; 2016 nov, 10. [acesso em 2023 mar, 12]. Disponível: <https://www.embrapa.br/>.