

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO
CURSO TÉCNICO EM ANÁLISES CLÍNICAS INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO

Pâmela Gonçalves Chagas

ENTOMOLOGIA FORENSE:
a utilização de insetos para solucionar crimes

Rio de Janeiro

2024

Pâmela Gonçalves Chagas

ENTOMOLOGIA FORENSE:
a utilização de insetos para solucionar crimes

Monografia apresentada à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Análises Clínicas.

Orientadora: Virginia de Lourdes Mendes Finete

Coorientadora: Danielle Cerri do Nascimento

Rio de Janeiro

2024

Pâmela Gonçalves Chagas

ENTOMOLOGIA FORENSE:
a utilização de insetos para solucionar crimes

Monografia apresentada à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Análises Clínicas.

Aprovado em __ / __ / __.

BANCA EXAMINADORA

Maycon Sebastião Alberto Santos Neves (FIOCRUZ/IOC)

Simone Goulart Ribeiro (FIOCRUZ/EPSJV)

Danielle Cerri do Nascimento (FIOCRUZ/EPSJV)

Virginia de Lourdes Mendes Finete (FIOCRUZ/EPSJV)

*Dedico esse trabalho a minha mãe e
minha vó, as duas mulheres mais importantes
da minha vida, que sempre estiveram e vão
estar ao meu lado me dando forças para
superar as dificuldades, não me deixando
cair nem desistir.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha mãe e a minha vó - as mulheres da minha vida- que sempre me apoiaram. Mulheres que eu sempre disse que estaria realizada se conseguisse ter um terço da força que elas têm.

As minhas orientadoras Virginia de Lourdes Mendes Finete e Danielle Cerri do Nascimento, que estavam comigo durante todo o processo de escrita me ajudando e, principalmente, me incentivando.

À Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio - Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV - Fiocruz) por ter aberto portas para meu futuro profissional. Aos professores e funcionários que sempre tinham um conselho, um ensinamento, uma luz para dar.

Por último, gostaria de agradecer a todos que acreditaram, confiaram e acompanharam essa fase da minha vida.

*Mas depois passava. Como
passam todas as coisas. Passava.
(Khaled Hosseini)*

RESUMO

A entomologia forense é a ciência que estuda os insetos e outros artrópodes no âmbito legal, sendo dividida em três áreas principais: urbana, de produtos armazenados e médico-legal, esta última sendo o foco desse trabalho. O estudo dos insetos presentes em um corpo e/ou uma cena de crime pode ser fundamental para a elucidação dos fatos em uma investigação criminal. Os peritos em entomologia forense são responsáveis pela coleta, preservação e identificação dos insetos, com base em suas características morfológicas e taxonômicas. Dentro dessa área, existe a entomogenética forense, ramo que extrai o DNA do trato digestivo de insetos. Este trabalho tem como objetivo estudar como os insetos auxiliam no esclarecimento de crimes e as dimensões da entomologia forense em suas múltiplas abordagens. Ele foi desenvolvido baseado na abordagem qualitativa e utilizou como estratégia de pesquisa a revisão de literatura por meio de artigos científicos, livros e trabalhos encontrados em bases de dados como LILACS, Google Scholar e SciELO. As técnicas exploradas nessa pesquisa são: a determinação do Intervalo *post-mortem* (IPM) - baseada na curva de crescimento crescente do desenvolvimento das espécies, no sistema de sucessão como uma “ocorrência matriz”, entre outras - e a identificação da vítima e do possível suspeito por meio da obtenção do material genético do trato digestório dos insetos - que seguem uma sucessão ecológica e são encontrados no corpo em determinados graus de decomposição, além de processos conservativos como a mumificação, também explorados neste trabalho - por meio da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), o uso de Kits que estão disponíveis no mercado para a amplificação do DNA, análise do DNA mitocondrial, entre outros. Espera-se que este trabalho seja uma fonte de conhecimento científico e de divulgação da entomologia forense, em língua portuguesa, de fácil acesso e entendimento ao leitor - já que a maioria dos trabalhos publicados nessa área estão em inglês - além da compreensão da importância dos insetos para os seres humanos e para o controle e equilíbrio ambiental.

Palavras-chave: entomologia, entomologia forense, insetos, entomogenética forense, biologia molecular.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição dos insetos no mundo e no Brasil e porcentagem das espécies registradas e número estimado de espécimes no Brasil.....	18
Figura 2 - Ordens de Hexapoda e respectivo número de famílias para o Brasil.....	19
Figura 3 - Características da Classe Insecta	20
Figura 4 - Tipos de antenas dos insetos: A- filiforme, B- monoliforme, C- clavada, D- capitada, E- imbricada, F- fusiforme, G- serreada, H- estiliforme, I- plumosa, J- flabelada, K- setácea, L- furcada, M- pectinada, N- lamelada, O- geniculada, P- aristada e Q- composta.	21
Figura 5 - Principais estruturas bucais dos insetos.	23
Figura 6 - Posições das peças bucais dos insetos.	24
Figura 7 - Corte transversal do aparelho bucal sugador labial.	25
Figura 8 - Aparelho bucal- mosquito.....	25
Figura 9 - Aparelho bucal- mutuca.....	26
Figura 10 - Aparelho bucal-mosca-do- estábulo.	26
Figura 11 - Aparelho bucal- mosca doméstica.	27
Figura 12 - Aparelho sugador maxilar- borboleta.	28
Figura 13 - Aparelho lambedor- abelha.....	28
Figura 14 - Aparelho raspador-sugador- tripes.....	29
Figura 15 - Esquema geral da perna dos insetos.....	30
Figura 16 -Alguns dos tipos de pernas dos insetos.....	31
Figura 17 -Identificação das veias da asa de insetos segundo a classificação do sistema Comstock Needham.....	32
Figura 18 - Asa membranosa presente nas libélulas.....	32
Figura 19 - Asa tégmina presente nas baratas.	33
Figura 20 - Asa coriácea presente nos besouros.	34
Figura 21 - Asa hemiélitro presente nos percevejos.	34
Figura 22– Asabalacim presente nas moscas.....	35
Figura 23 - Tipos de abdome.	36
Figura 24 - Corte horizontal mostrando o disco germinativo e a blastoderme.....	37
Figura 25 -Traça-dos-livros	39

Figura 26 - Desenvolvimento pós-embriônico de insetos hemimetábolos.....	40
Figura 27 -Metamorfose da abelha <i>Apis melífera</i>	41
Figura 28 -Larva oligópodecampodeiforme (<i>Hippodamia</i> , Coleoptera)	41
Figura 29 -Larva oligópodeescarabeiforme (<i>Popillia</i> , Coleoptera).	42
Figura 30 -Larva polípode (<i>Neodiprion</i> , Hymenoptera).....	42
Figura 31 -Larva ápode eucéfala (<i>Vespula</i> , Hymenoptera).....	43
Figura 32 -A- Larva ápode hemicéfala (<i>Tanyptera</i> , Diptera); B- Larva ápode acéfala (<i>Musca</i> , Diptera).	43
Figura 33 - Classificações, família e frequência encontrada em cadáveres de insetos cadavéricos.	47
Figura 34: Coleta de insetos para investigações forenses.....	48
Figura 35 - Demonstração de uma das técnicas com rede entomológica.	49
Figura 36 -Família Calliphoridae.....	51
Figura 37 - Família Muscidae.....	52
Figura 38- Família Sarcophagidae.	52
Figura 39 - Ciclo de vida geral das moscas.	52
Figura 40: Curvas hipotéticas baseadas no valor do comprimento e do peso do inseto...	56
Figura 41 - Estágios da decomposição cadavérica	58
Figura 42- Progressão de espécies necrófagas durante a decomposição.	60
Figura 43 - Ciclo de vida das moscas varejeiras (<i>Chrysomyaalbiceps</i>).....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação taxonômica da classe insecta.	17
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. METODOLOGIA.....	15
4. CAPÍTULO 1 – Entomologia: a importância do grupo dos insetos	16
4.1 – Entomologia geral.....	16
4.2 – classe insecta	16
4.3 - Morfologia dos insetos.....	19
4.3.1 - Cabeça	20
4.3.2 - Antenas	20
4.3.3 - Peças Bucais	22
4.3.4 - Tórax.....	29
4.3.5 - Asas	32
4.3.6 - Abdome	35
4.4 - Desenvolvimento	36
4.4.1 - Desenvolvimento embrionário.....	36
4.4.2 – Desenvolvimento pós-embrionário.....	38
4.5 - Importância dos insetos para os seres humanos	44
5. CAPÍTULO 2 – Entomologia forense: como os insetos podem ser uma importante ferramenta para a resolução de crimes?.....	45
5.1 - Métodos de coleta de insetos para investigações criminais.....	48
5.2 – A ENTOMOLOGIA FORENSE NO BRASIL.....	50
5.3 - Insetos de interesse forense no brasil	51
5.3.1 - Dípteros	51
5.4 –Intervalo post-mortem - IPM.....	55
5.4.1 - Estimando o IPM	55
5.4.2 –A Decomposição de um corpo	57
5.4.3 - Fenômenos Conservativos na decomposição	60
5.4.4 - Ciclo de vida dos insetos	61

5.5 - Entomogenética Forense	62
5.5.1 - Obtenção de DNA humano a partir de insetos	63
5.5.2 - Análise do loci STR.....	65
5.5.3 – Ciclo de vida dos insetos e extração do DNA	66
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
Referências BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

Você já parou para pensar em como os insetos podem ajudar em diversas áreas? Uma delas é a entomologia forense, a qual utiliza os insetos e outros artrópodes para procedimentos legais.

O interesse por esta área surgiu ao buscar temas para o desenvolvimento de um trabalho da disciplina de química analítica, em que se poderia elaborar um seminário sobre alguma das áreas das ciências forenses. Pesquisando, encontrei um vídeo de Kardauke (2022) em uma rede social, o qual apresentava um caso de estupro seguido de morte, em que o culpado foi identificado pela análise do sêmen encontrado no trato digestório da larva de uma mosca varejeira, que estava sobre o corpo da vítima. Esse caso foi o que “abriu meus olhos” para a entomologia como área de interesse forense.

A entomologia forense é dividida em três áreas principais: a) urbana -trata-se da interação entre os insetos e o meio urbano, concentrando-se em cupins, baratas, entre outros; b) produtos armazenados-concerne à contaminação de alimentos ocasionada pela presença de insetos; c) médico-legal- refere-se ao uso de insetos em investigações criminais. Essas áreas são focadas em temas que frequentemente são alvos de conflitos jurídicos (Gomes, 2010).

Estudos na área médico-legal podem ajudar a solucionar casos envolvendo morte violenta, no cálculo do Intervalo *post-mortem* (IPM)¹ e para determinar se a vítima fez uso de drogas, se foi envenenada, se o corpo foi movido de lugar, a causa da morte etc. (Pujol-Luz; Arantes; Constantino, 2008).

O primeiro caso de entomologia forense documentado aconteceu no século XIII, realizado pelo advogado chinês e investigador de mortes SungTzu, em que as moscas foram atraídas pelo resto de sangue que estava na respectiva arma do crime, a foice utilizada pelo agricultor criminoso (Ali; Tariq; Russein, 2020).

O primeiro livro publicado sobre a entomologia forense foi "La faune de cadavres" em 1894, escrito pelo entomologista francês Mégnin e essa área chegou no Brasil, alguns anos

¹É chamado de Intervalo *post-mortem*, o tempo entre a morte e a coleta de amostras entomológicas, internacionalmente e, atualmente no Brasil, usa-se a sigla PMI para denominar esse intervalo. O primeiro cálculo do PMI aconteceu em 1855 e foi realizado por Bergeret (Wells; Lamotte,2000).

depois, em 1908. Os primeiros brasileiros a estudarem foram os médicos Edgard Roquette Pinto e Oscar Freire, que apresentou a primeira coleção de insetos necrófagos à Sociedade Médica da Bahia, além dos resultados de suas pesquisas- obtidos através da análise de cadáveres humanos e de pequenos animais-, ainda em 1908. Edgard Roquette Pinto publicou, no mesmo ano, seu estudo de caso "Nota sobre a fauna cadavérica no Rio de Janeiro" (Pujol-Luz; Arantes; Constantino, 2008).

Em 1911, o entomologista Lüderwaldt publicou uma lista com os insetos necrófagos, comparando os insetos da fauna brasileira com a alemã. Freire estudou os dípteros, contribuindo no âmbito médico-legal e criticando o método de Mégnin, considerando-o “excessivamente teórico e esquemático”. Em 1923, foi publicado o conjunto de obras escrito por Oscar Freire: "Fauna cadavérica brasileira". Pontos importantes foram expostos nesse conjunto, entre eles está o fato de que a distribuição geográfica influencia na presença e ausência de espécies de insetos (Pujol-Luz; Arantes; Constantino, 2008).

Neste trabalho foram estudados os insetos e outros artrópodes e sua aplicação a procedimentos legais, no contexto da entomologia forense.

No primeiro capítulo é abordada a entomologia de um modo geral, onde são apresentados os insetos e sua importância para os seres humanos nos campos da medicina, economia e agricultura, além da contribuição para o controle e equilíbrio ambiental.

No segundo capítulo é apresentada a entomologia forense, destacando o papel dos insetos na área criminal, como podem auxiliar na indicação do IPM, e fornecer elementos que elucidam diversas situações acerca da morte de um indivíduo, como acontecimentos de antes e depois do ocorrido e as principais técnicas de biologia molecular utilizadas.

A entomologia forense não é muito conhecida - normalmente, quem tem conhecimento sobre o tema é quem já estuda ou trabalha com artrópodes, ou interessados pelas ciências forenses. Assim, este trabalho visa auxiliar na divulgação da entomologia, especificamente nas ciências forenses, em língua portuguesa, já que a maior parte dos livros, artigos e revistas sobre esse assunto está publicada em inglês (Samanta; Ghosh, 2022; Byrd; Castner, 2000), tornando difícil o acesso para aqueles que não entendem o idioma.

Dessa forma, o estudo do tema se torna relevante para a elaboração da monografia, no âmbito do Projeto Trabalho, Ciência e Cultura (PTCC), apresentando como os insetos podem ser uma importante ferramenta associada à biologia molecular para a resolução de crimes.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar como os insetos podem auxiliar na elucidação de crimes e as dimensões da entomologia forense em suas múltiplas abordagens.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1- Estudar a entomologia, compreendendo o grupo dos insetos e sua importância para os seres humanos e para o controle e equilíbrio ambiental;

2- Compreender a entomologia forense e as principais técnicas envolvidas, focando no cálculo do Intervalo *post-mortem* e na biologia molecular, para compreender como os insetos podem ser uma importante ferramenta para a resolução de crimes.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi baseada na abordagem qualitativa e utilizou como base a revisão da literatura científica por meio da busca de artigos científicos, livros e trabalhos em bases de dados como LILACS, Google Scholar e SciELO, no período compreendido, sobretudo, entre os anos de 2000 e 2024. Tem como referência os descritores: entomologia, entomologia forense, insetos, entomogenética forense, biologia molecular.

O trabalho foi elaborado em dois capítulos, desenvolvidos de acordo com os objetivos específicos:

Capítulo 1 – Entomologia, a importância do grupo dos insetos. Este capítulo fala sobre o estudo da entomologia e apresentação dos insetos, sua importância para os seres humanos nos campos da medicina, economia e agricultura, além da contribuição para o controle e equilíbrio ambiental.

Capítulo 2 – Entomologia forense: como os insetos podem ser uma importante ferramenta para a resolução de crimes? Nesse capítulo é abordada a compreensão da entomologia forense, destacando o papel dos insetos na área criminal, como podem auxiliar na indicação do IPM e fornecer elementos que elucidam diversas situações acerca da morte de um indivíduo, como acontecimentos de antes e depois do ocorrido e as principais técnicas de biologia molecular utilizadas.

4. CAPÍTULO 1 – ENTOMOLOGIA: A IMPORTÂNCIA DO GRUPO DOS INSETOS

4.1 – ENTOMOLOGIA GERAL

Os insetos estão sobrevivendo na Terra há cerca de 300 milhões de anos e são o maior e mais abundante grupo animal que se conhece. Graças à sua fácil adaptação junto com sua habilidade de voar (sendo os únicos invertebrados capazes desse ato) puderam e podem persistir a diversos cenários. Além disso, o seu tamanho pequeno, regime alimentar, exoesqueleto² que serve de “armadura” e reprodução especializada, fazem do grupo dos insetos um dos mais importantes em relação a dimensão ecológica. Dentro do Reino Animal, de acordo com a classificação zoológica (Lineu, 1735), podemos encontrar o Filo³ Arthropoda e, sequentemente, a Classe Insecta, popularmente conhecida como insetos (Farias, 2013).

4.2 – CLASSE INSECTA

A classe insecta, quanto a classificação taxonômica, é formada por 5 ordens, segundo Gullan&Cranston (2017). Na Tabela 1 a seguir foram elencadas a classificação dos insetos, a partir de subclasse, inserindo também, quando pertinente, a superordem e as infraclasses. Alguns insetos possuem nome científico e popular - quando não houver nome popular, será indicado com um traço.

² Exoesqueleto é uma estrutura rígida e espessada encontrada em alguns animais como os artrópodes e crustáceos que garante sustentação externa e ponto de apoio para os músculos e revestimentos (Farias, 2013).

³ Filo é uma das classificações dos seres vivos que denominam grupos menos abrangentes que o Reino e mais abrangente que a Classe (Farias, 2013).

Tabela 1 – Classificação taxonômica da classe insecta.

CLASSIFICAÇÃO	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
Subclasse Pterygota	Archaeognatha Thysanura	- traça
Subclasse Pterygota Infraclasse Palaeoptera	Ephemeroptera Odonata	efémeras libelinhas, libélula, donzelinha
Infraclasse Neoptera Superordem Orthopterodea	Blattodea Mantodea Zoraptera Grylloblattodea Dermaptera Plecoptera Orthoptera Phasmatodea Embioptera Mantophasmatodea	baratas e cupins louva-a-deus - - - - gafanhotos, grilos, esperanças, paquinhas bichos-pau, timemas embiídeos -
Superordem Hemipterodea	Psocoptera Phthiraptera Hemiptera Thysanoptera	- piolhos perceijos, cigarras, cochonilhas, pulgões, filoxeras, moscas-brancas trips ou tripes
Superordem Endopterygota	Megaloptera Raphidioptera Neuroptera Coleoptera Strepsiptera Mecoptera Siphonaptera Protodiptera Diptera Trichoptera Lepidoptera Hymenoptera	- - formiga-leão besouros, escaravelhos, joaninhas, gorgulhos etc. - moscas-escorpião pulgas, bicho-de-pé extinta moscas e mosquitos - borboletas, mariposas formigas, abelhas, vespas etc.

Fonte: adaptado de Gullan&Cranston, 2017.

O Brasil é um dos países que possuem a maior biodiversidade de insetos do mundo, contando com cerca de 91 mil espécies, como demonstrado nas Figuras 1 e 2.

Figura 1- Distribuição dos insetos no mundo e no Brasil e porcentagem das espécies registradas e número estimado de espécimes no Brasil

Ordem	Número de espécies			
	Mundo	Brasil	Brasil %	Brasil estimativa
Archaeognatha	513	25	4,9	200
Blattaria	7.314	1.118	15,3	4.600
Coleoptera	386.500	35.750	9,2	140.000
Collembola	9.300	474	6,3	6.000
Dermaptera	2.200	118	5,4	600
Diplura	1.000	37	3,7	400
Diptera	159.294	11.759	7,4	70.000
Embioptera	476	57	12,0	300
Ephemeroptera	4.000	432	10,8	1.500
Grylloblattaria	34	0	0	0
Hemiptera	106.000	9.303	8,8	30.000
Hymenoptera	150.000	10.815	7,2	80.000
Lepidoptera	157.338	14.234	9,0	90.000
Mantodea	2.494	251	10,1	1.000
Mantophasmatodea	15	0	0	0
Mecoptera	740	26	3,5	100
Megaloptera	380	24	6,3	50
Neuroptera	6.000	433	7,2	1.200
Odonata	6.340	917	13,1	1.500
Orthoptera	31.000	1.813	5,8	6.000
Phasmatodea	3.300	232	7,0	600
Psocodea	10.937	1.011	9,4	5.000
Plecoptera	3.743	199	5,3	300
Protura	804	27	3,4	1.000
Raphidioptera	254	0	0	0
Siphonaptera	3.000	62	2,1	100
Strepsiptera	640	33	5,2	300
Thysanoptera	6.300	614	9,7	2.500
Trichoptera	16.266	873	5,4	3.500
Zoraptera	44	6	13,6	30
Zygentoma	650	32	6,8	300
Total	1.075.556	90.649	8,4	447.080

Fonte: CTFB, 2023⁴.

⁴ CTFB 2023 é a sigla do Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil referente ao ano de 2023.

Figura 2 - Ordens de Hexapoda e respectivo número de famílias para o Brasil.

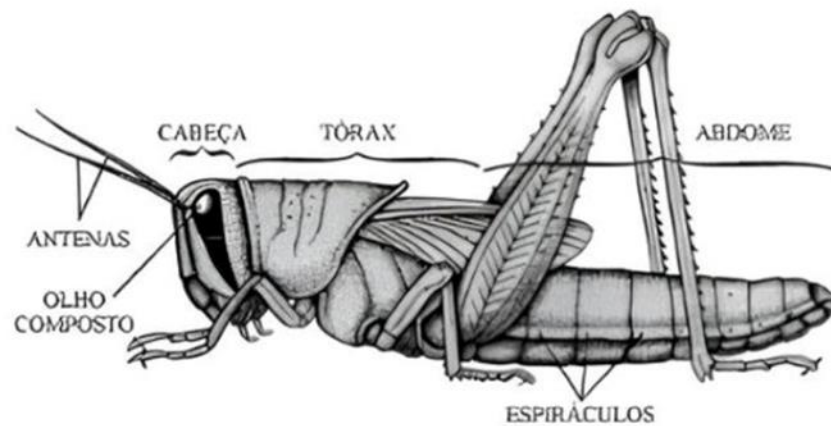
Coleoptera	113
Hemiptera	112
Diptera	102
Lepidoptera	78
Hymenoptera	64
Psocodea (Psocoptera + Phthiraptera)	46
Collembola	21
Orthoptera	17
Trichoptera	16
Odonata	15
Mantodea	12
Ephemeroptera	10
Neuroptera	10
Blattaria (baratas + cupins)	9
Siphonaptera	8
Strepsiptera	7
Dermaptera	6
Thysanoptera	6
Embioptera	5
Phasmatodea	5
Diplura	4
Zygentoma	2
Zoraptera	2
Plecoptera	2
Megaloptera	2
Mecoptera	2
Protura	2
Archaeognatha	1

Fonte: insetos do Brasil.

4.3 - MORFOLOGIA DOS INSETOS

Em relação à morfologia, as características dessa Classe são: corpo dividido em cabeça, tórax- com três pares de patas e, normalmente, dois pares de asas- e abdome sem apêndices; um par de antenas; um par de mandíbulas; dois pares de maxilas; abertura genital perto à extremidade anal do corpo e desenvolvimento por metamorfose de forma completa ou incompleta, além de que as peças bucais são sempre expostas e visíveis (Figura 3) (Leite, 2011).

Figura 3 - Características da Classe Insecta



Fonte: Leite, 2011.

4.3.1 - Cabeça

Possui apêndices fixos e móveis, que são, respectivamente, os olhos compostos (forma imagem) e ocelos (percepção de luz) e, antenas e peças bucais, além de terem suturas-espécie de dobradura na superfície externa. Na parte interna da cabeça, apresenta um suporte chamado de tentório que concede rigidez e junta os escleritos⁵ (Farias, 2013).

4.3.2 - Antenas

São apêndices móveis e sensoriais com função tátil, olfativos, para acasalamento. As antenas são divididas em três partes, o escapo, pedicelo e flagelo e apresentam 18 tipos (Figura 4) (Leite, 2011).

Escapo: portam um bulbo⁶ cuja função é se articular à cabeça. Normalmente é a parte mais desenvolvida.

Pedicelo: normalmente é curto, mas pode se dilatar para acolher o órgão de Johnston, que tem função auditiva.

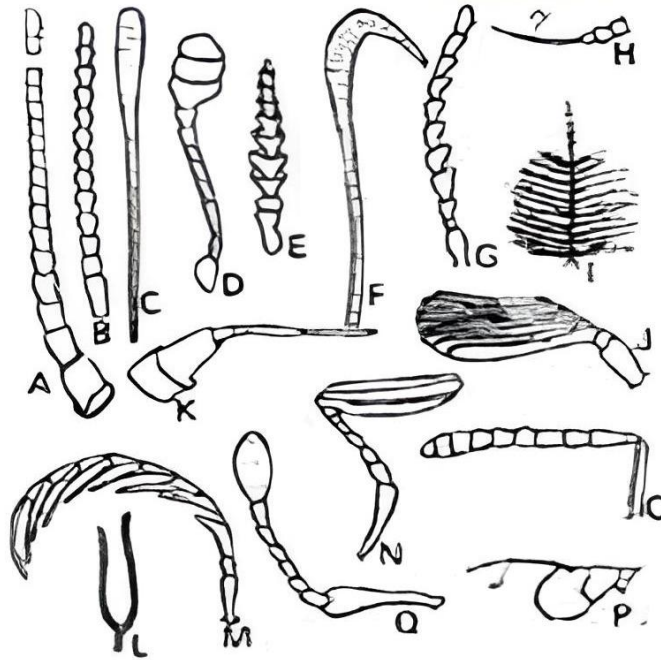
Flagelo: composto pelos antenômeros⁷ restantes.

⁵ Escleritos são placas de cutículas que revestem o corpo dos insetos, protegendo e dando sustentação (Lindner, 2016).

⁶ Bulbo é a parte basal mais dilatada (Leite, 2011).

⁷ Antenômero se refere a cada subunidade da antena (Cavalleri, 2020).

Figura 4 - Tipos de antenas dos insetos: A- filiforme, B- monoliforme, C- clavada, D- capitada, E- imbricada, F- fusiforme, G- serreada, H- estiliforme, I- plumosa, J- flabelada, K- setácea, L- furcada, M- pectinada, N- lamelada, O- geniculada, P- aristada e Q- composta.



Fonte: Jeferson, 2015.

Tipos de antenas:

Filiforme: Antenas parecidas com fios. Exemplo: Baratas.

Monoliforme: Antenas como contas de um rosário. Exemplo: Cupins.

Clavada: Apresenta parte final de sua antena semelhante a uma clava. Exemplo: Borboletas.

Capitada: Parecida com a clavada, porém sua clava é mais proeminente. Exemplo: Besouro da casca (Scolytidae).

Imbricada: Apresentam antenômeros que se assemelham a taças com a base de uma encaixando no começo da outra. Exemplo: alguns Besouros carabídeos (Carabídeos).

Fusiforme: Os antenômeros do meio são mais dilatados. Exemplo: Borboletas (Hesperiidae).

Serreada: Seus antenômeros possuem estruturas laterais pontiagudas. Exemplo: Besouro mãe-do-sol (Buprestidae) e Besouro Merilídeo (Melyridae).

Estiliforme: Apresenta parte final de sua antena em formato de estilete. Exemplo: Mariposas (Sphingidae) e Mutucas (Tabanidae).

Plumosa: Semelhante a uma pena ou pluma. Exemplo: Machos de mosquitos (Culicidae).

Flabelada: Suas antenas possuem estruturas laterais com aspecto de lâminas ou folhas. Exemplo: Macho do besouro *Ucai*.

Setácea: Seus antenômeros diminuem seu diâmetro de forma gradativa da sua base para a ponta, se assemelhando a uma seta. Exemplo: Gafanhotos (Acrididae).

Furcadas: Apresentam antenômeros bifurcados, remetendo a letra Y. Exemplo: Algumas Mutucas (Tabanidae).

Pectinada: Seus antenômeros apresentam estruturas laterais longas e finas se assemelhando a um pente. Exemplo: Algumas Mariposas.

Lamelada: Os 3 últimos antenômeros são expandidos lateralmente que, quando unidos, formam uma lâmina. Exemplo: Besouro-rola-bosta (*Digitonthophagus gazela*).

Geniculada: Seu escapo é longo e o pedicelo e o flagelo são dobrados, se assemelhando a um joelho. Exemplo: Formigas (Formicidae).

Aristada: Apresenta flagelo com somente 1 antenômero globoso e com um pelo. Exemplo: Mosca doméstica (*Musca domestica*).

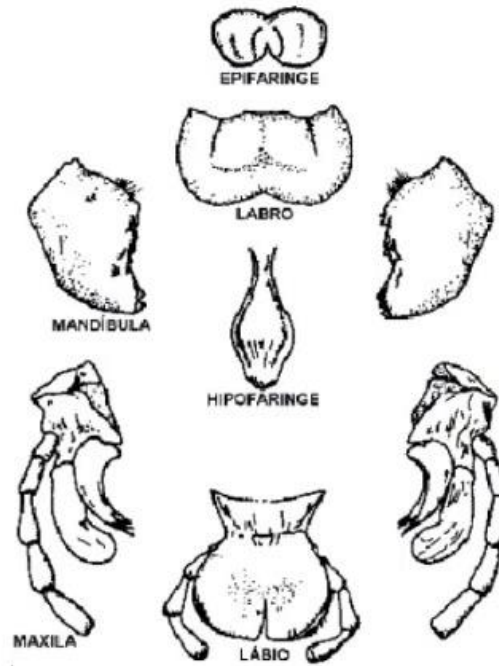
Composta: Apresentam mais de um tipo de antenômeros.

Denteada: Seus antenômeros apresentam estruturas arredondas que se assemelham a dentes. Exemplo: Vaga-lume (Lampyridae).

4.3.3 - Peças Bucais

A anatomia bucal dos insetos está diretamente ligada com o seu hábito alimentar. O aspecto do aparelho bucal é usado como um dos critérios para classificação, de acordo com sua forma, função e posição. As principais estruturas bucais são: mandíbulas, maxilas, labro, epifaringe, hipofaringe e lábio, ilustradas na Figura 5 (Leite, 2011).

Figura 5 - Principais estruturas bucais dos insetos.



Fonte: Leite, 2011.

Posição das Peças Buciais:

As posições das peças bucais dos insetos podem ser observadas na Figura 6.

Hipognato: As peças bucais são viradas para trás. Exemplo: Gafanhoto e Lavadeira.

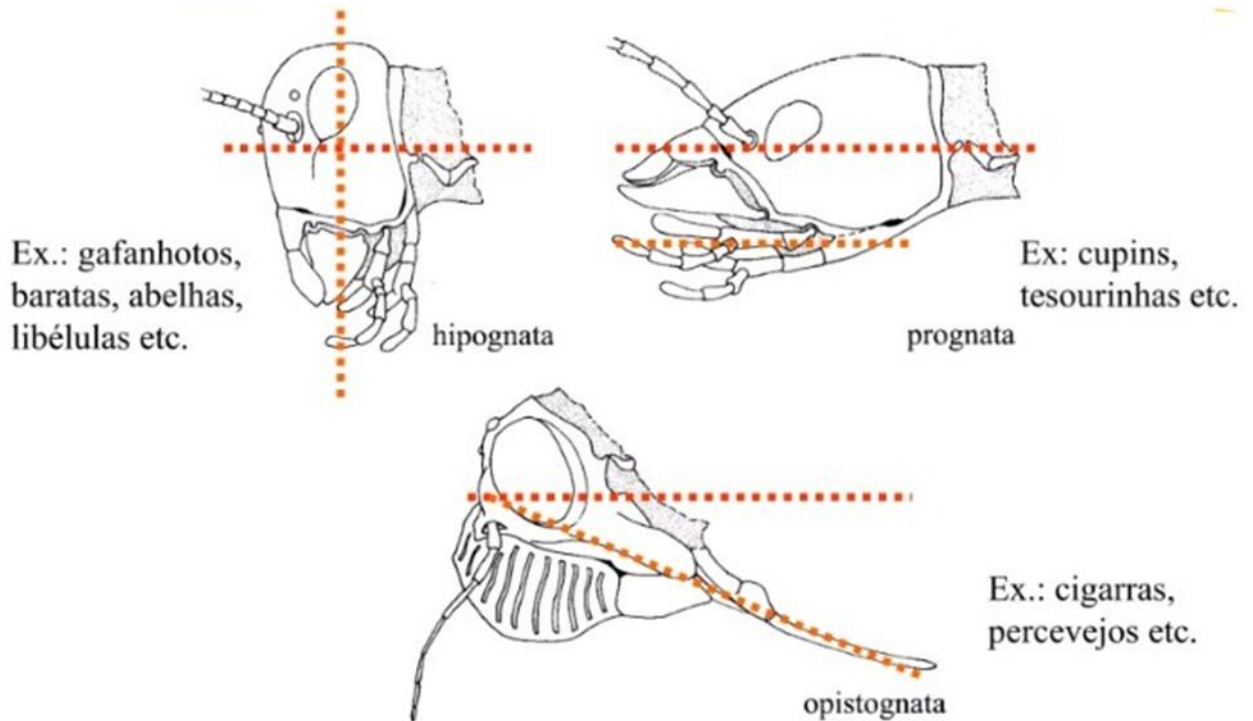
Prognato: As peças bucais são viradas para frente. Comum em predadores, brocadores⁸ e minadores⁹

Opistognato: As peças bucais são dirigidas posteriormente. Exemplo: Cigarrinhas.

⁸ Brocadores: nome usado para insetos que se alimentam de qualquer parte das plantas. (<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sbrt/Dossies/insetos-broqueadores-de-especies-florestais,4c411c40d34a2810VgnVCM100000d701210aRCRD#:~:text=Os%20broqueadores%20s%C3%A3o%20insetos%20que,a%20planta%20ou%20seus%20produtos.>)

⁹Minadores é o nome dado a insetos que, quando estão em sua forma larval, se alimentam do tecido encontrado no meio das folhas (Cristina; Lara, 2020)

Figura 6 - Posições das peças bucais dos insetos.



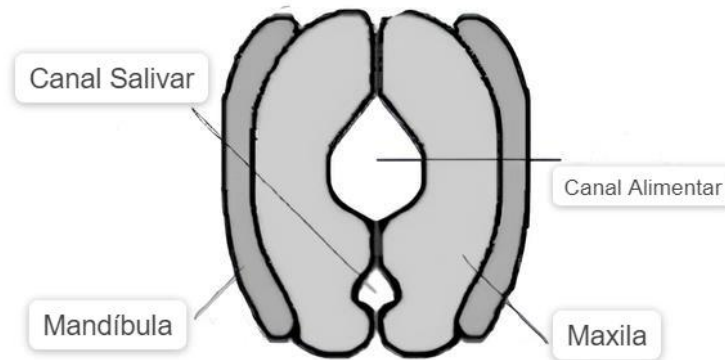
Fonte: Jeferson, 2015.

O tipo de aparelho bucal indica a forma como o inseto se alimenta e o seu tipo de dano. Eles podem ser mastigador, picador-sugador, embebedor, sugador-maxilar, lambedor e raspador-sugador (Jeferson, 2015).

No aparelho mastigador, as mandíbulas são esclerosadas. Podem servir para cortar, mastigar e manipular o alimento como nos grilos, gafanhotos e baratas; para raspar como em algumas larvas de insetos aquáticos; para predação como nas larvas de Neuroptera; para defesa como nos soldados de formigas; para transporte de alimento, ovo e larvas como nas castas de formigas cortadeiras; para segurar a fêmea durante o acasalamento como em alguns besouros; moldar cera e excrementos como as abelhas e algumas vespas e besouros (Leite, 2011).

No aparelho picador-sugador (sugador labial) existem tipos diferentes em relação ao arranjo dos estiletos picadores e sugadores. Os insetos do tipo hemipteroide possuem 2 mandíbulas e 2 maxilas, além da epifaringe e a hipofaringe serem atrofiadas, como é mostrado na Figura 7. Exemplos: percevejos, cigarras, cigarrinhas, pulgões, mosca branca, dentre outros.

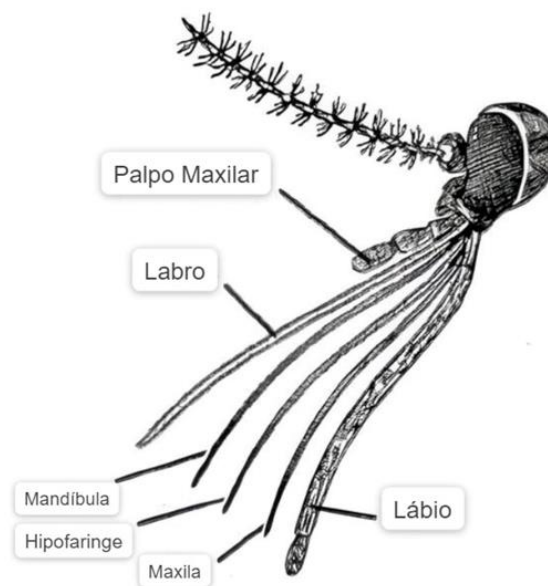
Figura 7 - Corte transversal do aparelho bucal sugador labial.



Fonte: Gallo et al. 2002.

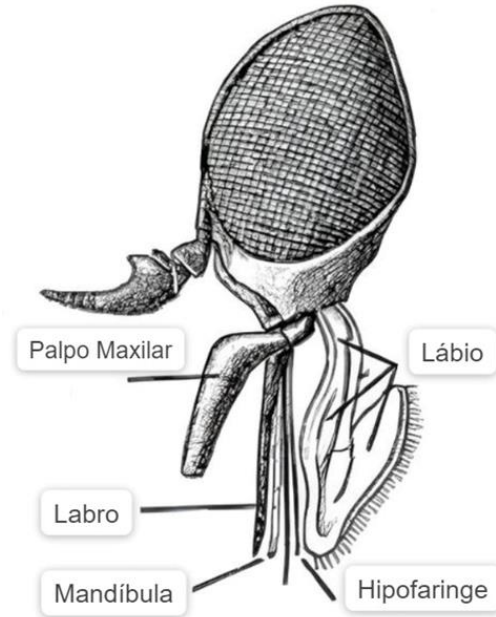
Nos do tipo dipteroide, há presença de labro-epifaringe, 2 mandíbulas, 2 maxilas e hipofaringe, representado nas Figuras 8 e 9. Exemplos: pernilongos (Culicidae), mutucas (Tabanidae) e borrachudos (Simuliidae).

Figura 8 - Aparelho bucal- mosquito.



Fonte: Leite, 2011.

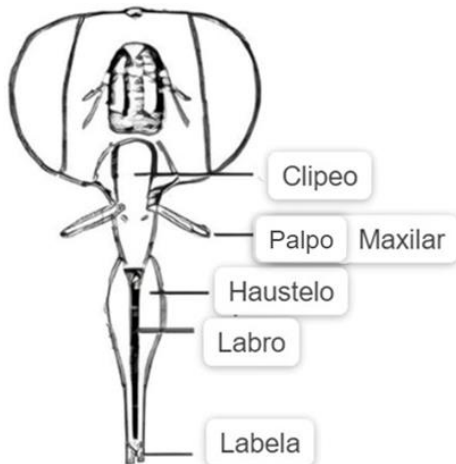
Figura 9 - Aparelho bucal- mutuca



Fonte: Leite, 2011.

No tipo dipteroide especial, sua principal peça sugadora é o lábio. O labro e a hipofarínge são alojadas no sulco dorsal do lábio, sendo protegidos pelos dentes (Figura 10). Exemplos: mosca do berne (*Oestridae*), tse-tse (*Glossina spp.*), mosca do estábulo (*Stomoxys calcitrans*), dentre outros (Leite, 2011).

Figura 10 - Aparelho bucal-mosca-do- estábulo.



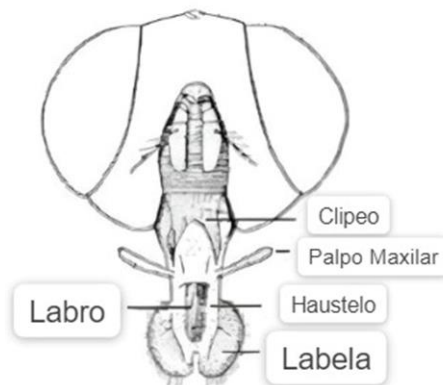
Fonte: Leite, 2011.

No tipo Sifonapteroide, há presença de 3 estiletes- epifaringe prolongada e lacínias das maxilas. Exemplo: pulgas (Siphonaptera).

No tipo Anopluroide é difícil de definir suas semelhanças biológicas a outros insetos. Seu estilete dorsal é formado a partir da junção das maxilas, o canal salivar fica localizado no estilete intermediário e a principal peça perfurante é encontrada no estilete ventral. Exemplos: piolhos sugadores hematófagos (Phthiraptera, Anoplura).

No aparelho bucal embebedor, o lábio é uma tromba com a região distal¹⁰ sendo o haustelo e termina no labelo, como mostrado na Figura 11. Os insetos que possuem essa peça bucal se alimentam de néctar, secreções, xaropes etc., como a mosca doméstica e a mosca das frutas. A mosca doméstica apresenta sensilas¹¹ nas solas das pernas que, quando entram em contato com o líquido exposto que serve de alimento, a tromba abaixa e “varre” o líquido imediatamente (Leite, 2011).

Figura 11 - Aparelho bucal- mosca doméstica.



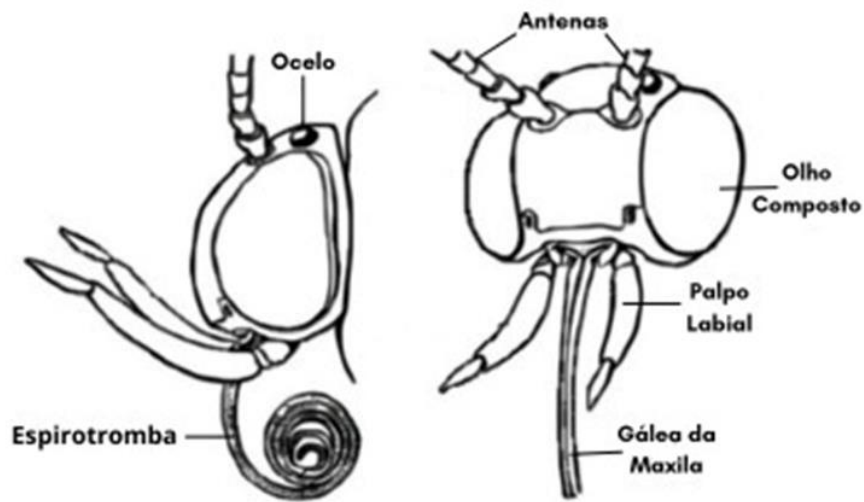
Fonte: Leite, 2011.

No aparelho bucal sugador-maxilar, há a presença de uma espirotromba- o lábio é reduzido e o tubo alimentar é formado pelo alongamento da maxila que fica enrolada abaixo da cabeça. Os insetos que possuem esse tipo de peça bucal se alimentam, normalmente, do néctar das flores, como as borboletas e mariposas (Figura 12).

¹⁰ Distal é a parte mais afastada do tronco do inseto (Priberam).

¹¹Sensilas são órgãos sensitivos de constituição rudimentar dos artrópodes (<https://www.entomobrasil.org/index.php/ebras/article/view/ebrasilis.v6i1.252#:~:text=Sensilas%20s%C3%A3o%20estruturas%20sensoriais%20presentes,%2D%2C%20termo%2D%20e%20mecanorrecep%C3%A7%C3%A3o.>)

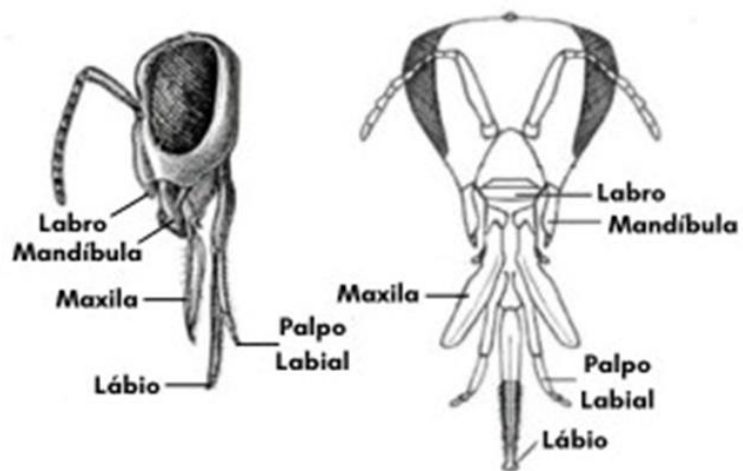
Figura 12 - Aparelho sugador maxilar- borboleta.



Fonte: Leite, 2011.

No aparelho bucal lambedor, as maxilas e o lábio são alongados e se unem em forma de língua, porém o labro e as mandíbulas são do tipo mastigador. Dessa forma, a mandíbula assume a função de carregar objetos e moldar cera enquanto as demais peças são usadas para lambr líquidos e néctar, como é o caso das abelhas (Figura 13).

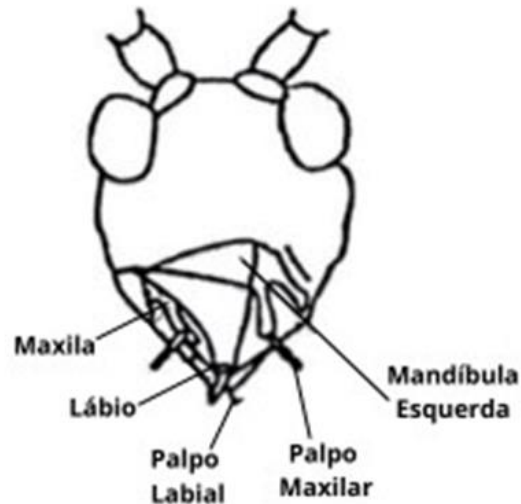
Figura 13 - Aparelho lambedor- abelha.



Fonte: Leite, 2011.

No aparelho raspador-sugador (Figura 14) há uma mandíbula raspadora (esquerda) e a direita é vestigial¹² e um par de maxilas. Essas peças ficam em uma tombo cônica e assimétrica, o que possibilita a sucção.

Figura 14 - Aparelho raspador-sugador- tripes.



Fonte: Leite, 2011.

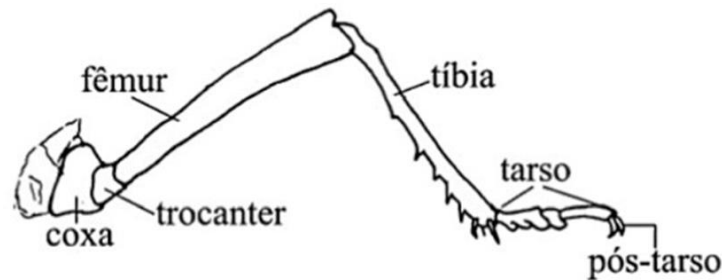
4.3.4 - Tórax

Possui apêndices locomotores, que são as pernas e asas do inseto e está dividido em três segmentos: protórax (unido à cabeça), mesotórax (mediano) e metatórax (unido ao abdome), estes dois últimos possuem aberturas do sistema respiratório traqueal que permitem a troca de gases, denominadas espiráculos (Farias, 2013).

As pernas possuem seis hexápodes (segmentos): coxa, trocanter, fêmur, tíbia e tarso (Figura 15), e tipos de acordo com a função de cada: ambulatórias, saltadoras ou saltatórias, nadadoras ou natatórias, preensoras, raptadoras ou raptatórias, fossoriais ou escavadoras, escansoriais, coletoras e adesivas ou podem ser ausentes (Farias, 2013).

¹² Vestigial se refere ao órgão ou estrutura que sua função principal se perdeu ou se modificou nas espécies atuais (Prisberam, 2024) ACESSADO DIA 12/10/24 AS 12:15

Figura 15 - Esquema geral da perna dos insetos.



Fonte: Leite, 2011.

Coxa: Geralmente é curta e grossa e ligada ao tórax pela cavidade coxal;

Trocanter: Parte curta que fica entre a coxa e o fêmur;

Fêmur: É a parte mais desenvolvida da perna, fixada ao trocanter;

Tíbia: Segmento delgado, quase do mesmo tamanho do fêmur e pode ter espinhos ou esporões;

Tarso: Parte articulada e possui tarsômeros que podem variar de 1 a 5;

Pós-tarso: Parte mais distante da perna e pode ter garras, pulvilo, empódio e arolio.

Tipos de pernas:

Ausentes: comum em larvas broqueadoras, dípteras, entre outras.

Pseudopatas (pata falsa): comum em insetos imaturos, como em lagartas.

Ambulatórias: não possuem modificações especiais. Exemplo: baratas.

Saltatórias: o fêmur das patas metatorácicas¹³ são fortemente desenvolvidos. Exemplo: gafanhotos.

Natatórias: Comum em insetos aquáticos. As patas mesotorácicas e metatorácicas são mais alargadas, achatadas e com pelos, que ajudam a nadar. Exemplo: Besouro aquático Dytiscidae;

Raptatórias: O primeiro par de pernas possui espinhos fortes e secreção adesiva para a captura de presas. Exemplo: louva-a-Deus;

Fossoriais: O primeiro par de pernas são modificados para a escavação. Exemplo paquinha;

¹³ Patas metatorácicas são as patas traseiras (Leite, 2011).

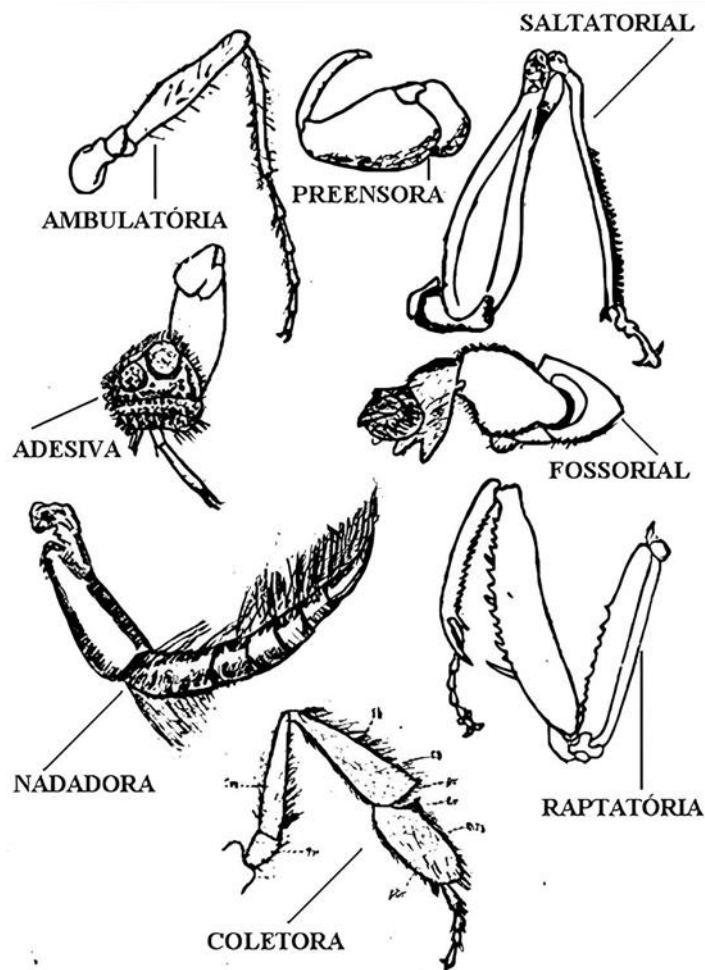
Preensoras: O primeiro par de pernas são modificados para se agarrar aos hospedeiros. Exemplo: piolhos.

Coletoras: O terceiro par de pernas possui pelos para coletar e armazenar pólen. Exemplo: abelhas;

Escansoriais: Apresentam uma garra tarsal com uma conformação típica que faz com que o inseto consiga se agarrar ao pelo do hospedeiro. Exemplo: piolhos hematófagos.

Alguns tipos de pernas dos insetos podem ser observados na Figura 16.

Figura 16 -Alguns dos tipos de pernas dos insetos.



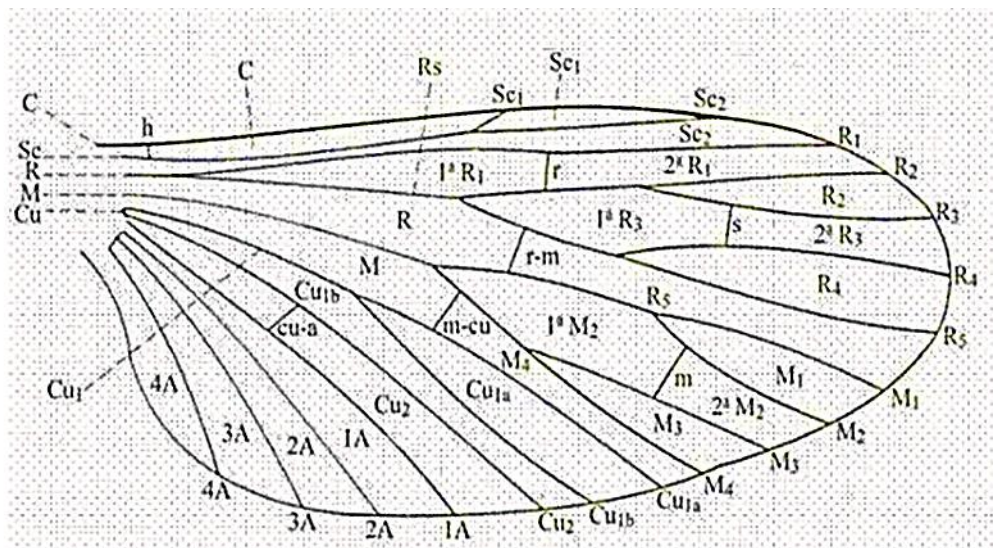
Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/7566425/>

4.3.5 - Asas

Os insetos na fase adulta podem ser tetrápteros (dois pares de asas), dípteros e Strepsiptera (um par de asas), aptésicos (possuem asas, mas não as usam para voar) e ápteros (não têm asas) (Farias, 2013).

As asas têm formato achatado e apresentam nervuras- estruturas parecidas com tubos que podem portar nervos, traqueias e hemolinfa. Segundo a classificação do sistema Comstock Needham¹⁴, representado na Figura 17: 6 nervuras longitudinais (costal (C), subcostal (Se), radial (R), medianas (M), cubital (Cu) e anais (A)) e transversais (radial(r), radial mediana(r-m), médio-cubital(m-cu), cubital-anal(cu-a), umeral(h) e setorial(s)) são identificadas (Farias,2013).

Figura 17 -Identificação das veias da asa de insetos segundo a classificação do sistema Comstock Needham.



Fonte: Farias, 2013.

Os tipos de asas existentes são membranosas, tégminas, élitros, hemiélitros, halter e pseudo-halter.

Membranosas: São finas e transparentes com as nervuras diferentes(Figura 18). Ideal para o voo;

Figura 18 - Asa membranososa presente nas libélulas.

¹⁴ Sistema Comstock Needham é um sistema de nomenclatura utilizado para descrever e identificar veias das asas de insetos, desenvolvido por John Comstock e George Needham, em 1898(Farias, 2013).



Fonte: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/terra-da-gente/noticia/2021/07/05/nova-especie-de-libelula-e-descoberta-por-universitarios-em-goncalves-mg.ghtml>

Tégminas: As asas anteriores são resistentes e com as nervuras visíveis(Figura 19).Protegem as asas membranosas;

Figura 19 - Asa tégmina presente nas baratas.



Fonte: <https://insecta2010.blogspot.com/>

Élitro ou coriácea: As asas anteriores são duras, extremamente resistentes e as nervuras não são visíveis (Figura 20). São usadas para proteção do inseto, mas, devido a sua rigidez, causa um certo prejuízo na hora do voo;

Figura 20 - Asa coriácea presente nos besouros.



Fonte: <https://insecta2010.blogspot.com/>

Hemiélitro: As asas anteriores são rígidas e duras na parte junta ao corpo e na parte distal(Figura 21).São usadas para proteger o segundo par de asas e contra choques esmagadores ao corpo;

Figura 21 - Asa hemiélitro presente nos percevejos.



Fonte: <https://www.snatural.com.br/percevejo-hemiptera/>.

Halter ou balacim: São asas pequenas presentes nos dípteros e nos Strepsiptera (Figura 22). Por conta de seu tamanho dão um maior equilíbrio durante o voo;

Figura 22– Asa balacim presente nas moscas



Fonte: <https://www.istockphoto.com/br/foto/dirty-comum-mosca-comum-vista-de-cima-musca-domestica-gm474465413-34974074>

4.3.6 - Abdome

Essa parte possui, originalmente, 11 segmentos (no máximo, 12) apêndices apenas no par de cercos na porção final e em alguns grupos, de aparência anelado e estrutura simples. Apesar desta simplicidade, o abdome é altamente especializado, contendo as principais vísceras, abertura do canal digestivo e dos condutos genitais e é onde ocorrem os movimentos respiratórios (Farias, 2013).

Apêndices abdominais

Durante a fase embrionária, os insetos apresentam apêndices que, normalmente, somem com a ecdise¹⁵, como sifúnculos ou cronículos (Farias, 2013).

¹⁵ Ecdise: processo de mudança da cutícula velha para a nova, o que garante o crescimento dos insetos (Farias, 2013).

Tipos de abdome

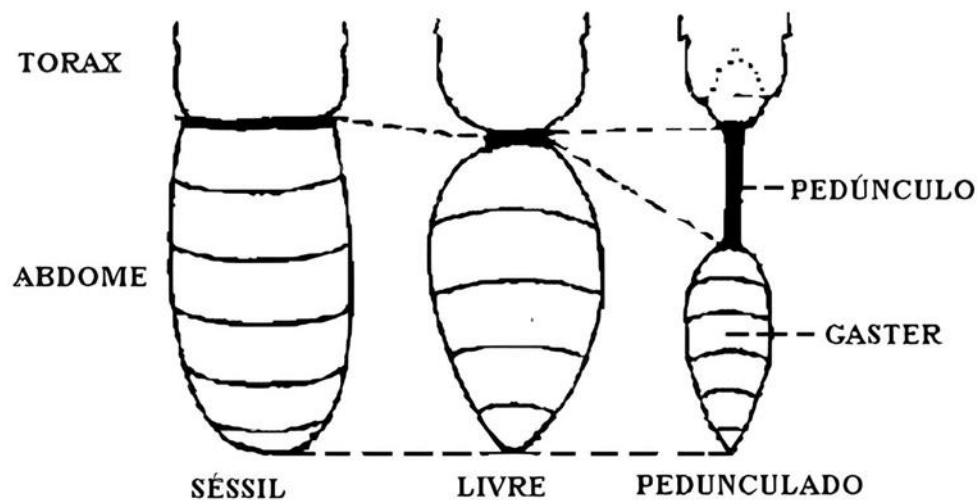
Os tipos baseiam-se na ligação com o tórax, podendo ser sésil ou aderente, livre ou pedunculado, como mostrado na Figura 23.

Sésil ou aderente: ligação com o tórax em toda sua largura.

Livre: ligação pouco pronunciada do abdome com o tórax.

Pedunculado: ligação acentuada no 2º ou nos 2º e 3º segmentos abdominais, sendo o 1º segmento fundido ao metatórax.

Figura 23 - Tipos de abdome.



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/7566425/>

4.4 - DESENVOLVIMENTO

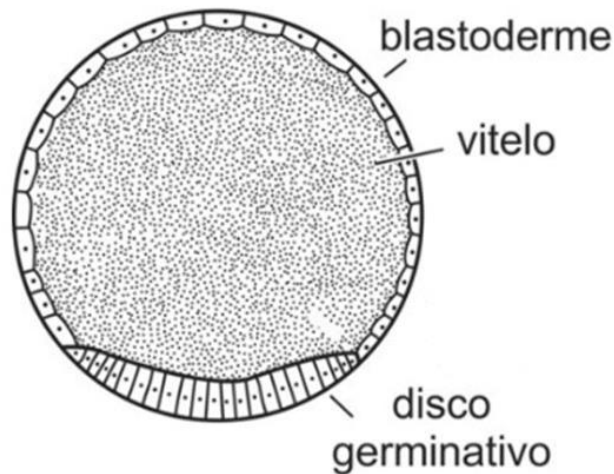
4.4.1 - Desenvolvimento embrionário

A formação do embrião pode ocorrer, inteiramente, tanto depois da oviposição ou de forma parcial, mas nos insetos vivíparos há diferença, nesses o desenvolvimento embrionário é completado na fêmea -em seu útero-, onde ocorre a produção de ninfas ou larvas, ao invés de ovos, como ocorre nos dípteros, por exemplo (Marques, 2024).

Os ovos dos insetos possuem vitelos- substância nutritiva presente nos ovos que ajudam a nutrir as células embrionárias no início do seu desenvolvimento- que ficam concentrados no centro do ovo e por conta disso, a clivagem é incompleta. Na segunda etapa, ocorre a formação

do disco germinativo- conjunto de células colunares entre as células cuboidais da blastoderme. Esse disco é o responsável pela criação das células endodérmicas e mesodérmicas (Figura 24) (Marques, 2024).

Figura 24 - Corte horizontal mostrando o disco germinativo e a blastoderme.



Fonte: Brusca & Brusca, 1990. (livro invertebrates3 edição <https://pt.scribd.com/document/547242494/Brusca-Invertebrates-Ed-3-Par-1>)

A parede externa do embrião e os apêndices dos insetos adultos são formados por projeções da ectoderme, além de que, o sistema nervoso se desenvolve a partir dos neuroblastos que nada mais são que, células da ectoderme que penetram a região ventral e se alojam próximas à periferia, junto da epiderme do embrião. Os Tubos de Malpighi¹⁶ aparecem no embrião, mas o seu desenvolvimento só termina durante a sua fase larval (Marques, 2024).

¹⁶Tubos de Malpighi são os principais componentes do sistema excretor dos insetos. <https://abelha.org.br/glossario/tubos-de-malpighi/> acessado em 13/10/2024 as 18:45).

O sistema traqueal é formado por um conjunto de células que se distribuem na região lateral do embrião. Elas se penetram e tomam a forma de T, e seus “braços” se fundem e formamos troncos traqueais extensos (Marques, 2024).

A mesoderme é uma derivação da camada interna do disco germinativo e pode ser formada de 3 maneiras. A primeira é por penetração da placa mediana; a segunda é por sobreposição da placa mediana pela placa lateral e a terceira é pela multiplicação das células da parte interna da placa mediana (Marques, 2024).

A formação dessa camada é bem variada entre as ordens dos insetos. Nos Lepidoptera e Hymenoptera, os somitos¹⁷ são conectados. Nos Diptera Cyclorrhapha, a mesoderme não é segmentada antes da formação das estruturas corporais. É a mesoderme que dá origem a todos os músculos, o diafragma dorsal, os hemócitos e as células pericárdicas. O coração também é formado das células mesodérmicas chamadas de cardioblastos (Marques, 2024).

4.4.2 – Desenvolvimento pós-embrionário

O desenvolvimento pós-embrionário da maioria dos insetos ocorre em ninfas e larvas, mas nas formas vivíparas e ovovíparas, o desenvolvimento larval acontece dentro do ovo (Marques, 2024).

A eclosão do ovo ocorre por conta de um conjunto de mecanismos específicos para cada espécie que, associados, causam uma pressão por parte do inseto no interior da casca. Primeiro os insetos ingerem os fluidos embrionários para que o ar penetre em volume maior, o corpo aumenta por conta dessa ingestão e começa a fazer contrações musculares que servem para bombear hemolinfa¹⁸ para a parte anterior do corpo. Dessa forma, a cabeça e o tórax são impulsionados contra o córion¹⁹ que, enfim, se quebra (Marques, 2024).

¹⁷ Somitos são corpos cuboides que são formados pela divisão da mesoderme. (<https://sanarmed.com/somitos-celoma-intra-e-sistema-cardiovascular-colunistas/> acessado em 13/10/2024 as 19:20)

¹⁸ Hemolinfa é o único líquido extracelular dos insetos. (<https://www.unioeste.br/portal/bichodaseda/bicho-da-seda/anatomia/interna#:~:text=A%20hemolinfa%20constitui%20cerca%20de,n%C3%A3o%20possui%20nenhum%20pigmento%20respirat%C3%B3rio.> Acessado em 16/10 as 14:56)

¹⁹ Córion é o nome dado a uma membrana que envolve o embrião e outros anexos embrionários. (<https://www.biologianet.com/anatomia-fisiologia-animal/anexos-embrionarios.htm#:~:text=O%20c%C3%B3rion%20%C3%A9%20uma%20membrana.estrutura%20precursora%20do%20cord%C3%A3o%20umbilical.> Acessado em 16/10 as 15:10)

As larvas de Lepidoptera mordem a membrana do ovo para abrir a saída. Em algumas famílias de dípteros, o que rompe o córion são estruturas cuticulares especiais- uma espécie de dente duro que fica localizado em um rebaixamento na cabeça. Esse dente é pressionado para frente com a pressão da hemolinfa (Marques, 2024).

O desenvolvimento pós-embrionário é dividido em estágios e o que os separa são as mudas. A muda é definida como um processo em que uma nova cutícula é formada e a velha é ingerida- apenas uma parte dela- e descartada. Essa reposição e descarte- também chamado de ecdise da cutícula é a forma como o inseto cresce. O processo de deslocamento da cutícula velha tem o nome de apólise e a intermuda é o intervalo entre esse deslocamento e a ecdise. Durante a intermuda, o espaço entre a base da cutícula velha e o epitélio é enchido de fluido de muda (Marques, 2024).

Tipos de desenvolvimento:

Durante o desenvolvimento pós-embrionário, as mudanças no corpo dos insetos são mínimas, mas para o estágio adulto, as transformações são notáveis. Nesse processo, ocorre a metamorfose, que é a perda de certas características de adaptação das larvas e a extensão das mudanças (Marques, 2024).

A metamorfose, ou ciclo de vida, pode ser dividida em três grupos dependendo de seu grau. *Insetos ametábolos*: nesse grupo, o que difere a forma larval emergente do ovo ao adulto é o desenvolvimento da genitália externa e do sistema reprodutor. Ocorre nas Traças-dos-livros (*Zygentoma*) (Figura 25). Os adultos e larvas ocupam o mesmo habitat (Marques, 2024).

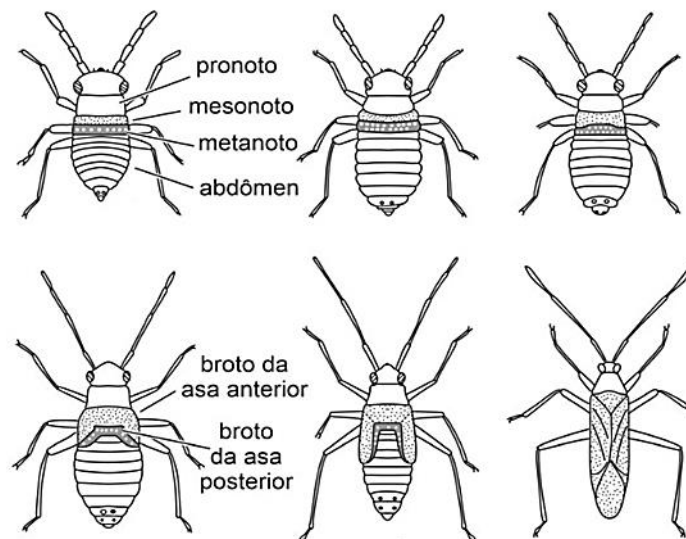
Figura 25 -Traça-dos-livros



Fonte: Hardie. <https://www.royensoc.co.uk/understanding-insects/classification-of-insects/apterygota/zygentoma/>

Insetos hemimetábolos: a ninfa/larva que sai do ovo tem sua forma muito parecida com a do adulto, mas possui tamanho menor e ausência de asas e genitália (Figura 26). Ocorre em cupins, Orthoptera e Hemiptera (Marques, 2024).

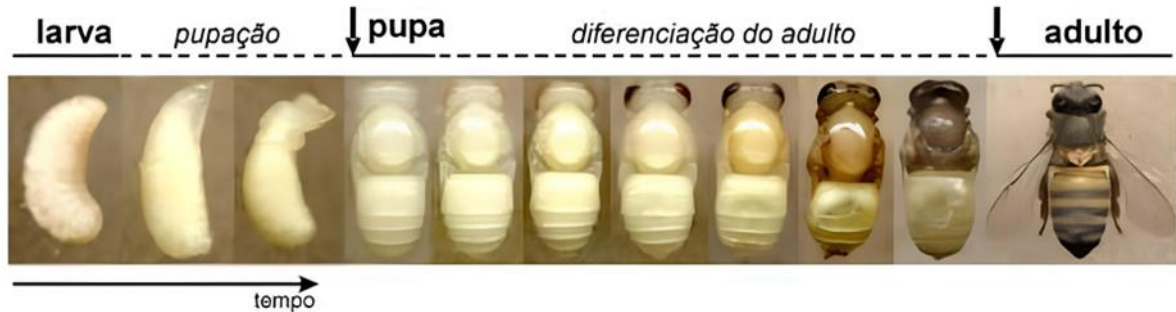
Figura 26 - Desenvolvimento pós-embriônico de insetos hemimetábolos.



Fonte: Chapman, 1998.

Insetos holometábolos: as larvas são completamente diferentes dos adultos e entre essas duas fases se encontra a pupa- característica marcante desses insetos. Ocorrem nas vespas, moscas, besouros, borboletas, abelhas, mariposas etc. (Figura 27) (Marques, 2024).

Figura 27 -Metamorfose da abelha *Apis melífera*.



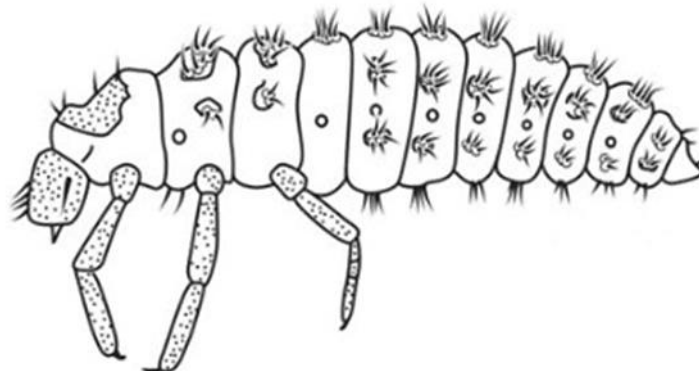
Fonte: Elias, 2010 (<https://www.geneticanaescola.com/revista/article/download/88/77>)

Tipos de larvas:

As larvas dos insetos holometábolos podem ser classificadas baseando-se na presença e número de pernas. Elas podem ser oligópodes, polípodes e ápodos (Marques, 2012).

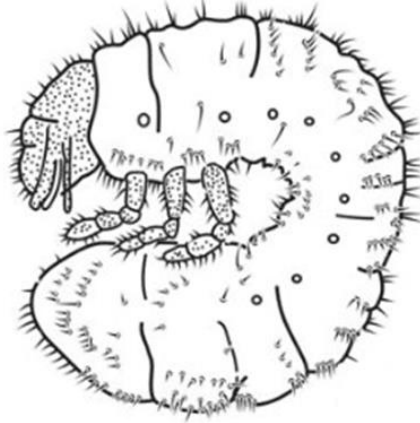
Oligópodes: possuem cápsula cefálica e peças bucais parecidas com as dos adultos, mas não apresentam olhos compostos. Podem ter duas variações: larvas campodeiformes (Figura 28) - pernas longas, corpo esclerosado e achatado dorso-ventralmente, além de serem predadoras. São encontradas nos Neuroptera, Trichoptera, Strepsiptera e Coleoptera- e larvas escarabeiformes (Figura 29) - pernas curtas, corpo volumoso, cutícula mole e habitam túneis na madeira ou no solo. Ocorre somente nos Coleoptera (Marques, 2024).

Figura 28 -Larva oligópode campodeiforme (*Hippodamia*, Coleoptera)



Fonte: Chapman, 1998.

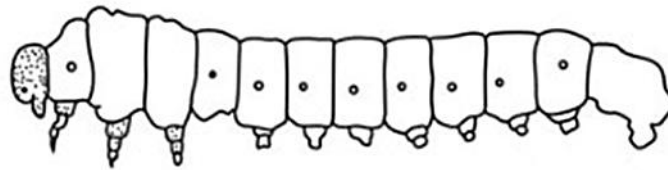
Figura 29 -Larva oligópode escarabeiforme (Popillia, Coleoptera).



Fonte: Chapman, 1998.

Polípodes: a segmentação do corpo é bem definida, cutícula flexível e apresentam pernas abdominais, além das torácicas (Figura 30). São encontradas nos Lepidoptera, Mecoptera e Tenthredinidae (Hymenoptera) (Marques, 2024).

Figura 30 -Larva polípode (Neodiprion, Hymenoptera).

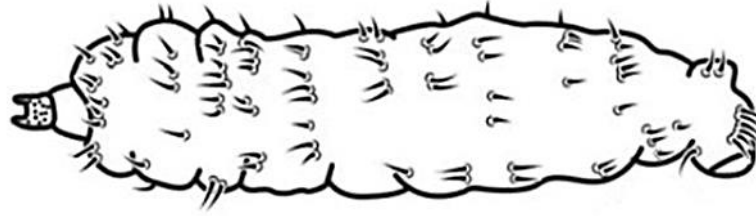


Fonte: Chapman, 1998.

Ápodes: a cutícula da cabeça pode ser bastante dura e possuem três variações- baseada no estado de desenvolvimento e endurecimento da cápsula cefálica-: eucefálas (Figura 31) - sua cabeça é bem diferenciada e muito esclerosada, como acontece nas larvas de Nematocera (Diptera), de alguns Coleoptera e Aculeata (Hymenoptera)-, hemicéfalas (Figura 32.A) - a cabeça é reduzida e pode ser dentro do tórax. Ocorre em alguns grupos de Diptera (Tipulidae e

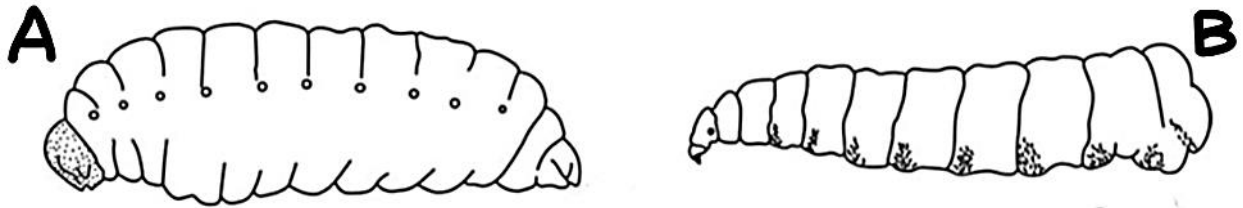
Brachycera Orthorrhapha) - e acéfalas (Figura 32.B) - a cápsula cefálica some e as peças bucofaríngeas ficam escondidas em uma das dobras da parede do corpo. Exclusividade dos Díptera Cyclorrhapha (Marques, 2024).

Figura 31 -Larva ápode eucéfala (Vespula, Hymenoptera)



Fonte: Chapman, 1998.

Figura 32 -A- Larva ápode hemicéfala (Tanyptera, Díptera); B- Larva ápode acéfala (Musca, Díptera).



Fonte: Chapman, 1998.

Heteromorfose

Heteromorfose ou hipermetamorfose é uma característica dos insetos predadores ou parasitas, além de ser uma estratégia adaptativa que permite mudanças de hábito durante o desenvolvimento. Ocorre em certas famílias de Neuroptera, Coleoptera, Strepsiptera (todas as famílias), Díptera e Hymenoptera- e em suas formas endoparasitas- e Lepidoptera (Marques, 2024).

4.5 - IMPORTÂNCIA DOS INSETOS PARA OS SERES HUMANOS

Além da importância ecológica e forense dos insetos, temos a médica, agrícola e econômica:

Importância ecológica

Equilíbrio ecológico do planeta; dispersão de sementes; grande relevância para a cadeia alimentar, servindo de alimento para diversas outras espécies; decompositores; reciclagem de nutrientes minerais; fertilização do solo; bioindicadores de degradação ambiental e de poluição (Constantino, 2024).

Importância médica

Podem ser vetores de doenças; produzem substâncias bioativas que podem ser aplicados como analgésicos, anti-inflamatórios e antibióticos; são usados como modelos em pesquisas científicas nas áreas de genética, evolução, fisiologia, neurobiologia e comportamento; terapia larval, em que os insetos eliminam o tecido morto alimentando-se dele e liberam substâncias antissépticas (Constantino 2024).

Importância agrícola

Polinização de plantas, contribuindo na produção de alimentos como o mel, da seda e outros derivados; controle biológico de pragas; entre outros (Constantino, 2024).

Importância econômica

Fabricação de produtos como mel, seda, goma laca -usada na produção de cera, resina e corantes-, carmim-de-cochonilha- pigmento usado para tingir tecidos (Constantino, 2024).

5. CAPÍTULO 2 – ENTOMOLOGIA FORENSE: COMO OS INSETOS PODEM SER UMA IMPORTANTE FERRAMENTA PARA A RESOLUÇÃO DE CRIMES?

A entomologia forense é a ciência que aplica o estudo dos comportamentos de insetos e outros artrópodes como vestígios vitais para uma investigação criminal, seja ela de tráfico de entorpecentes, maus tratos, danos em imóveis, contaminação de produtos estocados, morte violenta, entre outros (Santana; Vilas Boas, 2012).

De acordo com Lord e Stevenson (1986), a entomologia forense pode ser dividida em três subáreas:

Urbana: se refere a presença de insetos em bens culturais, imóveis e estruturas. Tomamos como exemplo alguém que comprou uma casa e, após pouco tempo obtenção, percebe que ela está infestada de cupins. Depois da descoberta, ele responsabiliza o vendedor pelo seu prejuízo. O trabalho da entomologia seria identificar se essa presença ocorreu antes ou depois da aquisição do imóvel.

Produtos armazenados: se refere à contaminação de produtos estocados, seja em pequena ou grande quantidade. Imagine que você comprou algum alimento infestado por pragas. Caso quisesse exigir do vendedor uma indenização pelo prejuízo, seria seu direito. A entomologia forense seria utilizada para determinar em que momento ocorreu essa infestação.

Médico-legal: se refere a casos de mortes violentas- sejam elas genocídios, acidentes em massa ou o assassinato de uma única pessoa- suicídios, sequestros, abusos físicos, etc.

Nessa última área, os insetos e outros artrópodes conseguem informar se um corpo foi movido para um segundo lugar após a morte, se foi manuseado por algum animal ou pelo próprio assassino; se houve uso de entorpecentes; a causa da morte; a identidade do cadáver e do possível suspeito; o local onde ocorreu o assassinato; a idade do cadáver; além de possuírem a habilidade de datar acontecimentos, com uma precisão de, mais ou menos, 6 (seis) horas em que ocorreu algo que provocou lesões/machucados e/ou morte (Wells; Lamotte, 2000).

Dessa forma, todos os dados que forem coletados do local do crime devem ser bem preservados e avaliados pelos profissionais especializados na área da entomologia forense, o que permite uma análise criteriosa desse material (Gomes et al., 2010).

Para que haja a extração de quaisquer evidências, primeiro é preciso ser feita a identificação da espécie do inseto que foi encontrado no corpo, identificação essa baseada nas

características morfológicas do mesmo. É necessária a análise e observação de sua taxonomia, morfometria e morfologia dos insetos e larvas (Pujol-Luz et al. 2008).

Francisco Redi foi um dos primeiros cientistas a questionar o surgimento de larvas em cadáveres. Por meio das suas experiências em diversos tipos de tecidos, ele notou que os ovos presentes no corpo eram de diferentes insetos e que possuíam o ciclo holometabólico, se transformavam em larvas, pupas e adultos (Magaña, 2001).

De acordo com Keh (1985), os insetos cadavéricos (Figura 33) estão classificados da seguinte forma:

Necrófagos: insetos que se alimentam de tecidos em decomposição, como moscas e besouros (dípteros muscóides e coleópteros, respectivamente), que podem estar em sua fase imatura ou adulta.

Omnívoros: insetos que se alimentam de forma ampla, seja de corpos ou da fauna, como formigas, vespas (Himenópteros) e alguns besouros.

Parasitas: insetos que usam a entomofauna cadavérica retirando os recursos necessários para seu próprio desenvolvimento.

Predadores: se alimentam das fases imaturas e/ou adultas dos insetos cadavéricos.

Acidentais: insetos que são encontrados em cadáveres por acaso, por conta de sua frequência em certas áreas ecológicas, como aranhas, centopeias, ácaros e outros artrópodes.

Figura 33 - Classificações, família e frequência encontrada em cadáveres de insetos cadavéricos.

Família	Predadora/				Frequência de associação a cadáver
	Necrófago	Onívoro	Parasita	Acidental	
Calliphoridae	X	X	X		Alta
Sarcophagidae	X	X			Alta
Muscidae	X	X	X	X	Alta
Phoridae	X	X	X	X	Alta
Piophilidae	X	X	X	X	Média
Micropezidae				X	Baixa
Mesebrinelidae	X	X		X	Média
Anthomyiidae	X	X		X	Média
Fannidae	X	X			Média
Stratiomyidae	X	X		X	Média
Neriidae		X		X	Baixa
Tabaniidae		X		X	Baixa
Drosophilidae				X	Rara
Asilidae				X	Baixa
Ropalomeridae				X	Baixa
Chloropidae				X	Baixa
Milichidae				X	Rara
Dixidae				X	Rara

Fonte: Cruz, 2008.

A presença, ausência e abundância de insetos em um corpo é diretamente influenciado pelas características biológicas, geográficas e climatológicas do local onde o mesmo se encontra, incluindo a proximidade com áreas urbanas. Os insetos necrófagos são os primeiros decompositores de cadáveres quando não há presença de animais vertebrados (Aggarwal, 2005).

Caso os insetos sejam endêmicos- encontrados em locais específicos, pois são restritos à aquela região- ou possuem fenologia (processos biológicos periódicos) bem definida - ativa somente durante uma estação ou hora específica do dia. Tudo isso, em conjunto com outros dados encontrados na cena do crime, pode revelar possíveis ligações entre lugares e horários em que outros eventos podem ter acontecido (Samanta, Ghosh, 2022).

Por exemplo, drogas presentes no corpo podem indicar uma overdose e interferem no desenvolvimento de insetos necrófagos. Narcóticos como a cocaína, heroína, metanfetamina e amitriptilina, possuem efeitos adversos que interferem diretamente na velocidade de crescimento das larvas e no processo de decomposição do corpo. Substâncias como organofosforados, carbamatos sistêmicos, arseniato de chumbo e piretroides evitam a colonização de certos insetos necrófagos (Leclerq; Vaillant 1992; Oliveira-Costa; Lopes, 2000).

5.1 - MÉTODOS DE COLETA DE INSETOS PARA INVESTIGAÇÕES CRIMINAIS

Para que dados entomológicos sejam avaliados com precisão e aceitos pelo sistema de justiça é necessário aplicar técnicas corretas de coleta e preservação, rotulagem de amostras e registro de dados (Figura 34) (Lord; Burger, 1983).

Figura 34: Coleta de insetos para investigações forenses.



Fonte: Adaptado de Lord; Burger, 1983.

Uma rede entomológica- ou puçá- é muito útil para a captura e coleta de insetos adultos que estejam voando. Nesse caso, é usada a técnica de varredura aérea, para isso, é preciso que o profissional tenha alguma experiência e prática para a captura. São usados movimentos rápidos para frente e para trás, dessa forma, os insetos ficam presos no saco da rede (Byrd, Haskell, Lord, 2000). Outra técnica usada para a coleta de insetos voadores é segurar a ponta da rede entomológica e se aproximar dos insetos de forma lenta e com um único movimento de golpe capturá-las (Figura 35). O comportamento natural do inseto os fará fugir voando para e cima e, conseqüentemente, para dentro da rede (Byrd, Haskell, Lord, 2000).

Figura 35 - Demonstração de uma das técnicas com rede entomológica.



Fonte: Foto de James L. Castner (Byrd, Haskell, Lord, 2000).

A técnica que faz uso da rede deve ser repetida cerca de 3 a 4 vezes para que haja uma quantidade significativa de amostras de insetos voadores para a análise.

Após os insetos estarem na rede, eles são colocados em uma jarra de boca larga que servirá como matadouro. Esse frasco deve conter cimento de gesso ou bolas de algodão embebidas em acetato de etila- substância química usada na produção de solventes, verniz, tintas e adesivos- e os insetos irão morrer depois de alguns minutos (entre 2 a 5 min). Depois, os insetos são transferidos para frascos que possuem álcool etílico a 75% ou álcool isopropílico a 70% para que haja a preservação dos mesmos (Lord; Burger, 1983).

Para a coleta de insetos rastejantes, larvas ou pupas, se faz uso de pinças e a sua preservação é igual a de insetos adultos voadores. Alguns precisam ser agarrados com força o

suficiente que eles não fujam, mas ao mesmo tempo não sejam esmagados pela pinça, isso porque podem fugir para o colo ou para os restos mortais do corpo. Podem incluir: besouros (Coleoptera), formigas, abelhas e vespas (Hymenoptera), Hemiptera, Collembola e moscas (dípteros) (Byrd, Haskell, Lord, 2000).

Muitas das moscas necrófagas podem estar presentes em plantas ou gramíneas próximas do corpo. Com a coleta da amostra da vegetação dentro de 6 a 8 metros dos restos mortais é possível desses insetos. Para isso se faz uso da espátula. Essas amostras precisam medir pelo menos 10 cm de profundidade (Lord; Burger, 1983).

É de extrema importância rotular e identificar cada frasco de amostra -seja ela de insetos ou do solo coletado- com número, data e hora da coleta, número do caso e localização com etiquetas (Lord; Burger, 1983).

5.2 – A ENTOMOLOGIA FORENSE NO BRASIL

As pesquisas na área da entomologia forense realizadas no Brasil não podem usar cadáveres humanos por conta de impedimentos jurídicos. Por isso, o porco é o animal mais utilizado, porque possui anatomia interna, distribuição de gordura, falta de pele espessa, flora intestinal e decomposição muito semelhante ao dos humanos, além de serem onívoros. Dessa forma, é possível se obter parâmetros correlacionais aos dos humanos (Catts; Goff, 1992; Campobasso et al., 2001).

Embora a entomologia brasileira seja reconhecida internacionalmente, existe uma escassez de profissionais na área- o que explica a baixa quantidade de estudos- e muitas subáreas que não são aproveitadas como deveriam. Isso se deve por conta da imposição de financiamentos em projetos científicos e pesquisas básicas, o que limita a entomologia à importância econômica agrícola, veterinária ou médica. Dessa forma, não há projetos que financiam as áreas médico-legais (Gredilha; Paradela; Figueiredo, 2007).

Gannon (1977) deu a ideia da criação de instituições científicas que teriam como objetivo estudos em corpos humanos em decomposição, -semelhante a Universidade do Tennessee, EUA- mas somente em 2008 o governo brasileiro reconheceu a importância de investir na entomologia e criou o Grupo de Trabalho Vinculado à Secretaria Nacional de Segurança Pública do Ministério da Justiça. Esse grupo levou o nome de Rede Nacional de Entomologia Forense (ReNEF), que contava com 5 peritos criminais e 5 pesquisadores (Pujol-Luz; Arantes; Constantino, 2008).

5.3 - INSETOS DE INTERESSE FORENSE NO BRASIL

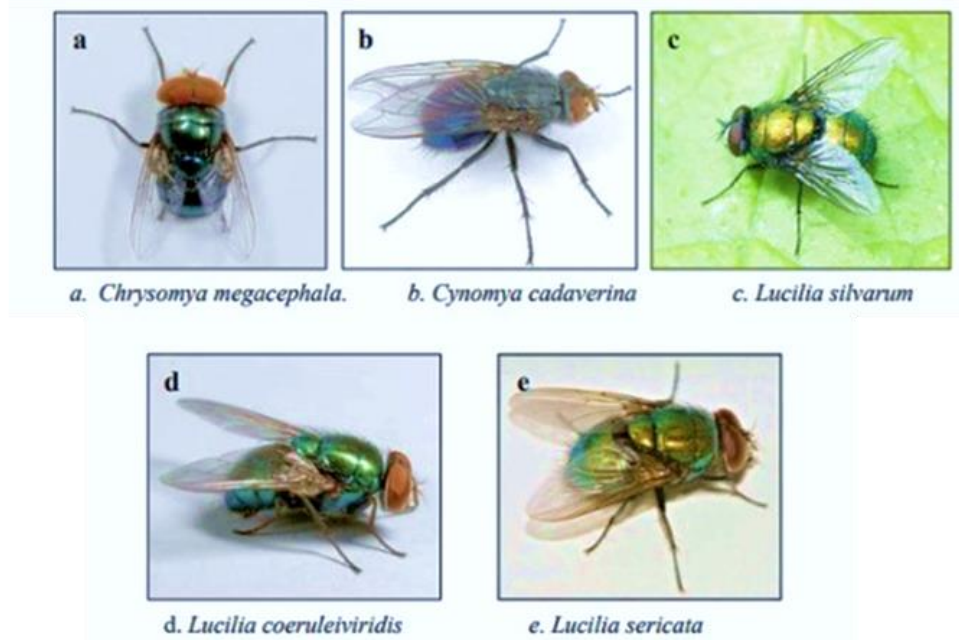
A Fauna entomológica cadavérica do Brasil é bastante diversificada, pois o país apresenta temperaturas e umidades ideais para o processo de decomposição e desenvolvimento das espécies dos insetos (Keh, 1985).

No Brasil, dois grupos são os de maior interesse forense, o primeiro sendo o das moscas- por conta da grande diversidade em regiões tropicais e pela grande atração por matéria orgânica, o que influencia em seu comportamento e em sua dinâmica populacional em nichos diferentes ecologicamente- e o segundo sendo os besouros da ordem Coleoptera, por serem encontrados em corpos humanos e nas carcaças de animais tanto em sua fase adulta quanto imatura(larvas) (Carvalho et al., 2000, Barbosa et al., 2006).

5.3.1 - Dípteros

A ordem Diptera constitui um dos maiores grupos de insetos e a de principal interesse forense em estágio inicial de putrefação. São os primeiros a posarem no cadáver, cujas famílias mais importantes são Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae. Geralmente, os primeiros insetos a colonizarem um corpo após sua morte são os dípteros, mais especificamente, os da família Calliphoridae (Figura 36), Muscidae (Figura 37) e Sarcophagidae (Figura 38) e, representados pelas moscas-varejeiras (*Chryomya albiceps*), moscas domésticas (*Musca domestica*) e moscas da carne, nessa ordem (Campobasso *et al.* 2001, Carvalho; Linhares 2001).

Figura 36 -Família Calliphoridae.



Fontes: Bragança, 2017.

Figura 37 - Família Muscidae.

f. *Musca domestica*

Fonte: Bragança, 2017.

Figura 38– Família Sarcophagidae.

g. *Sarcophaga* sp.

Fonte: Bragança, 2017.

Os insetos dessa ordem apresentam desenvolvimento holometabólico, ou seja, a metamorfose é completa, com os estágios de ovo, larva, pupa e adulto (Figura 39) (Carvalho et al., 2005).

Figura 39 - Ciclo de vida geral das moscas.

Fonte: Uniprag, <https://uniprag.com.br/>

As larvas dessa classe variam em forma, estrutura e habitat, podendo ocupar zonas marinhas, rios, riachos e lagos. Elas se alimentam de forma ativa do que estiver presente nesses lugares ou parasitam animais, além de geralmente ficarem agrupadas, serem vermiformes²⁰, esbranquiçadas, movimentarem-se muito e não gostarem de luz. Já no estágio pupal, não há alimentação, apenas atividades metabólicas intensas que garantirão a transformação para adultos (insetos: uma aventura pela biodiversidade).

As famílias de dípteros Calliphoridae e Sarcophagidae são considerados colonizadores iniciais de carcaças e responsáveis pela redução da maior parte da biomassa destes recursos (Bharty; Singh, 2003).

Os insetos da família Calliphoridae -Conhecidos como moscas varejeiras- é dividida em 8 subfamílias, sendo elas: Chrysomyinae, Toxotarsinae, Calliphorinae, Luciliinae, Mesembrinellinae, Polleniinae, Melanomyinae e Rhiniinae. Somente as 3 últimas não são encontradas no Brasil (Scudder; Cannings, 2006).

Os Sarcophagidae possuem cerca de 2.600 espécies descritas (Pape, 1996) e juntamente com Calliphoridae, Muscidae, Fanniidae e Stratiomyidae, são de grande importância para a Entomologia Forense (Payne 1965; Smith 1986; Early; Goff 1986; Tullis; Goff 1987; Catts; Goff 1992 apud Barros; Mello-Patiu; Pujol-Luz, 2008).

Os insetos da família Sarcophagidae não apresentam nome popular no Brasil e são divididos em 3 subfamílias: Miltogrammatinae, Paramacronychiinae e Sarcophaginae, sendo a última a de maior interesse forense (Pape, 1996).

Coleopteros

De acordo com Almeida e Mise I (2007), 62 espécies de coleópteros necrófagos foram encontradas. Alguns desses insetos possuíam hábitos noturnos, como a subordem Adephaga (família Carabidae), enquanto outros são ativos o tempo todo, como a subordem Polyphaga (família Staphylinidae).

²⁰ Vermiformes: que tem forma de verme (Dicionário Priberam da língua portuguesa)

Existe uma abundância da fauna coleóptera na fase de esqueletização da decomposição, isso ocorre porque os dípteros que colonizam o corpo primeiro, o que desfavorece a presença de besouros nos estágios iniciais (Oliveira, 2008).

Por meio de trabalhos executados, é possível notar uma diferença na variedade de coleópteros dependendo da localização geográfica. Em regiões áridas há maior ocorrência das famílias Dermestidae e Cleridae. Em regiões úmidas e com temperaturas elevadas- como na Mata Atlântica- há presença de Silphidae. Os padrões sequenciais da fauna cadavérica também mudam dependendo das alterações de temperatura e umidade (Mise et al., 2010).

As principais famílias de interesse forense são da subordem Polyphaga: Histeridae, Leiodidae, Ptiliidae, Silphidae, Schacabaeidae, Staphilinidae e Hydrophilidae, a última sendo encontrada em cadáveres em alto grau de decomposição (Costas; Pavolak; Tozzo, 2017).

Os coleópteros das famílias Staphylinidae e Silphidae além de colonizarem cadáveres também predam outras espécies necrófagas (Oliveira, 2001).

Família Staphilinidae: os insetos dessa família são necrófagos, carnívoros e se alimentam de carniças, carcaça de animais e corpos humanos em estado de putrefação. É neles que realizam a oviposição. Segundo Marchiori et al. (2000), Almeida e Mise I (2007), Rosa (2007) e Cruz e Vasconcelos (2006) apud Barros; Mello-Patiu; Pujol-Luz (2008), essa família é encontrada, principalmente, em carcaças de suínos, lagomorfos, vísceras de bovinos e carcaça de peixes. Também estão presentes em cadáveres. O gênero *Anotylus* Habita está presente em corpos em decomposição, utilizando-os como fonte proteica.

Família Hydrophilidae: são insetos carnívoros, omnívoros e fitófagos que vivem em ambientes terrestres e aquáticos e estão relacionados à carcaça de suínos (Rosa, 2007).

Família Histeridae: estão associados à carcaça de bovinos, suínos, peixes e lagomorfos

Família Silphidae: são encontrados em carcaças que já possuem hábitos necrófagos, se alimentando das larvas de outros insetos. Estão associados à carcaça de suínos, lagomorfos de vísceras de bovinos (Almeida; Mise, 2009).

Família Schacabaeidae: representados pelos besouros rola bosta, estão associados à carcaça de suínos e vísceras de bovinos. Alimentam-se, também, de restos mortais em decomposição (Silva; Garcia; Vidal, 2008).

5.4 –INTERVALO POST-MORTEM - IPM

O intervalo post-mortem, ou IPM, é o tempo entre a morte- do indivíduo ou do animal- e quando o corpo foi encontrado (Santos et al., 2014).

O cálculo do intervalo post-mortem (IPMmin) - intervalo mínimo entre a morte e a descoberta do corpo- é o trabalho mais constante de profissionais dessa área. Para o (IPMmax) é usada a comparação da fauna encontrada na carcaça, a sucessão cadavérica verificada de estudos que aconteceram em habitat e condições climáticas mais parecidas possível (Santos et al., 2014).

Para a determinação do IPM, o especialista pode usufruir de várias técnicas, como a coleta e identificação de espécies encontradas no corpo- o que traz maior precisão à indicação do tempo *post-mortem*, análise de vestígios, observação externa do cadáver, rigidez e esfriamento do corpo, análise da massa e do comprimento larval e a determinação do grau de hora acumulado. Sendo esse último, o mais preciso e utilizado (Gomes, 2010).

Para que aconteça uma estimativa do IPM é preciso de espécies necrófagas que vão utilizar a matéria orgânica em decomposição do corpo como fonte de alimento e para pôr seus ovos e larvas, o que acelera a putrefação e desintegração. Esse aceleração facilita o estudo do caso, porque cada fase de decomposição irá atrair um determinado grupo de insetos. Além de ser possível extrair sangue e outros tecidos do trato digestório do animal que podem ser usados para a extração do material genético (DNA) do cadáver para exame de identificação (Pujol-Luz et al. 2008; Santana; Vilas Boas, 2012).

Drogas e substâncias tóxicas encontradas no corpo causam interferência na velocidade de decomposição e sucessão da fauna entomológica, o que pode gerar um erro na estimativa do IPM. Além da predação, por parte dos insetos predadores, que também dificultar essa estimativa (Wells, Lamotte, 2000).

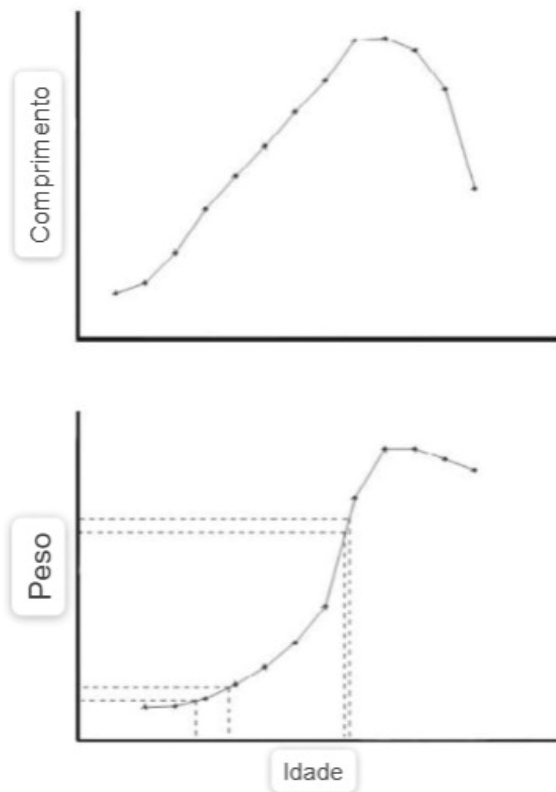
Por conta de larvas em estágios iniciais, são encontrados diferentes tempos de desenvolvimento dos espécimes, o que causa uma dificuldade em estabelecer o IPM. Sendo assim, é usada a técnica do RAPD para identificação genética dos insetos (Benecke, 1998).

5.4.1 - Estimando o IPM

Se o modelo de referência a ser utilizado for baseado na curva de crescimento crescente do desenvolvimento das espécies, então se usa o valor que corresponde ao seu tamanho nessa mesma curva. Ou seja, uma linha horizontal baseada no valor do comprimento ou do peso da

larva, como é mostrado na figura 40. Dessa forma, a “idade” de um inseto encontrado em uma cena de crime, provavelmente, irá se enquadrar na faixa etária que foi observado no modelo (Wells, Lamotte, 2000).

Figura 40: Curvas hipotéticas baseadas no valor do comprimento e do peso do inseto.



Fonte: Adaptado de Wells, Lamotte, 2000.

Dados do crescimento larval em temperaturas constantes podem ser usados para dividir o período de tempo do IPM em intervalos curtos, para que depois, seja aplicado um modelo de desenvolvimento com maior proximidade das temperaturas medias de cada período (Williams, 1984).

Schoenly et al. (1992) introduziu um sistema de sucessão como uma “ocorrência matriz”. Nesse conceito, uma espécie ou seu estágio é constado como presente ou ausente em determinado período do IPM, assim, a montagem desses insetos coletados da vítima é comparado com a da matriz de ocorrência e com os valores do IPM. Eles desenvolveram um software que é capaz de calcular o IPM com o uso de um conjunto de dados de referência, desde que seja aceita a suposição de que o padrão de sucessão não mostra uma variação aleatória.

5.4.2 –A Decomposição de um corpo

A decomposição de um corpo é um processo natural que ocorre logo após a morte. Esse processo é complexo e depende, essencialmente, de fatores abióticos como a temperatura e a umidade do local em que o corpo se encontra (Garrido,2014).

De acordo com Campobasso et al. (2001), a temperatura e umidade relativa influenciam diretamente o processo de decomposição. Condição física, causa da morte e a integridade do cadáver também são fatores de influência.

A decomposição de um corpo é mais rápida durante a estação seca que leva apenas 11 dias, enquanto na estação chuvosa, esse processo demora 24 dias. Isso acontece por conta das altas temperaturas, assim como a umidade relativa do ar (Carvalho; Linhares, 2001).

Segundo Garrido (2014), alguns autores citam que a temperatura deve variar entre 21°C e 38°C para que a decomposição ocorra de maneira ideal- o que se encaixa nas temperaturas médias do Brasil. Esta temperatura média, junto de um elevado ponto de umidade, acelera a decomposição.

A decomposição começa com a ação de microrganismos como os fungos e as bactérias em um período de 12 a 14 horas. Essa ação é de suma importância por conta das interações intra e interespecíficas ligadas ao substrato produzido pelo corpo. Essa série de eventos causam o colapso do tecido corporal e a liquefação dos órgãos. Cada estágio da decomposição interage com um grupo determinado de insetos, em que cada um ocupa um nicho específico (Aggarwal, 2005).

Com o passar do tempo, o processo de decomposição de um corpo e seus substratos sofrem mudanças, quimicamente e fisicamente, o que, conseqüentemente, altera a colonização de organismos específicos. Essas alterações tornam o corpo um local ideal para a proliferação de diversos grupos de insetos. Cada um deles pode estar associado a um ou mais fenômenos cadavéricos, por causa disso, é de suma importância o conhecimento sobre cada fase (Lincoln et al., 1988).

Segundo Mégnin (1894) e Martins (2009), a decomposição possui diferentes estágios com suas próprias características (Figura 41), são eles:

Fresco: começa logo após a morte e conta com a atividade de diversas bactérias presentes no interior do corpo. Ocorre a colonização de moscas varejeiras (Calliphoridae) que ovopositam

o corpo, eclodindo larvas L1 (primeiro estágio). Também pode ser encontrado coleópteros já adultos da família Silphidae.

Inchaço: as bactérias intestinais digerem as proteínas e produzem gases- como o metano, cadaverina e putrescina- que incham o corpo. Esses gases produzem um forte odor que atrai moscas, o que acelera essa decomposição. Por conta do acúmulo desses gases, o corpo passa a ter um aspecto inchado e esverdeado, além de haver um aumento na temperatura corporal devido a presença de larvas se alimentando dos tecidos moles. Há presença de todos os estágios de larvas da família Calliphoridae, Sarcophagidae e Muscidae. A ocorrência de larvas e adultos de coleópteros Silphidae e Histeridae é comum.

Decomposição ativa: começa quando o tecido externo se rompe pela ação das larvas calliphoridae, e os gases são liberados.

Putrefação Escura: nesse período que varia entre 24 e 48 horas, o cadáver apresenta uma abundância de larvas, o que gera um odor muito forte.

Putrefação: há uma redução das atividades de insetos. Isso acontece porque a maior parte da biomassa do corpo já foi digerida e a carcaça fica reduzida a pelos e ossos. Não há presença de ovos, mas sim de larvas de dípteros que abandonam o corpo por conta da baixa quantidade de massa corpórea. Os predadores da família Staphylinidae e Histeridae se alimentam dos demais insetos.

Esqueletização: é o último estágio da decomposição. A carcaça fica ressecada e restam apenas os ossos, cabelo, pele e os pelos. Há baixa quantidade de moscas e abundância de coleópteros Staphylinidae, Histeridae e Dermestidae.

Figura 41 - Estágios da decomposição cadavérica



Fonte: Martins, 2009.

Martins (2009) estudou a decomposição de suínos, no inverno e no verão na região do cerrado brasileiro. Acontece que no verão há uma presença maior de espécies, além de existir uma certa preferência por partes dos insetos.

Segundo Gomes (2010), durante a decomposição, existe uma progressão de espécies necrófagas- como é mostrado na Figura 42-, mas isso depende do grau de decomposição da carcaça, as condições climáticas e abióticas do local- como o tipo de solo. Essa progressão ocorre em cinco ondas de colonização e é denominada de sucessão ecológica cadavérica.

Na primeira onda estão os insetos que usam o corpo ou a carcaça para ovoposição ou colocação de larvas. Nela estão as moscas varejeiras (Diptera Calliphoridae) e as moscas-domésticas (Diptera Muscidae). A segunda é composta por aqueles que chegam durante a putrefação escura, pois são atraídos pelo forte cheiro liberado do cadáver. Estão presentes os sarcófagídeos (Diptera Sarcophagidae) e outros muscídeos e califorídeos. Após o cadáver estar colonizado por ovos e larvas dos dípteros, os insetos que colonizam o cadáver são os predadores: besouros estafilínídeos, silfídeos e histerídeos junto com vespas e formigas (Gomes, 2010).

Uma terceira onda de dípteros- representados pelas Phoridae, Drosophilidae e Syrphidae- se encontram na carcaça quando a gordura se torna rançosa. Eles alimentam-se dos exsudados corpóreos²¹. No período da fermentação butírica, os insetos são atraídos pelo cheiro do amoníaco²² que evapora do corpo. Eles ingerem a queratina, presente nos pelos, cabelos e cartilagens (Gomes, 2010).

Figura 42- Progressão de espécies necrófagas durante a decomposição.



Fonte: Adaptado de Gomes, 2010.

Os períodos de tempo da decomposição total variam de acordo com o local. Essa variação é explicada pelas características bioclimatológicas e geomorfológicas de cada lugar (Campobasso et al., 2001).

5.4.3 - Fenômenos Conservativos na decomposição

Fenômenos conservativos geram um atraso no processo de decomposição, o que causa uma falsa conservação. Eles são causados pelas condições ambientais do cadáver, classificados como corificação, saponificação e mumificação (Ribeiro, Andrade, Prévide, 2015).

²¹ Exsudados corpóreos são os líquidos, células e outras substâncias que são eliminados dos vasos sanguíneos (geralmente em tecidos inflamados) (<https://decs.bvsalud.org/ths/resource/?id=5224>)

²² Amoníaco é outro nome dado a amônia (NH₃) ([https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-quimicas/contaminantes/amonia/#:~:text=Amon%C3%ADaco%2C%20g%C3%A1s%20amon%C3%ADaco%20ou%20am%C3%B4nia, valores%20de%20pH%20\(%C3%A1cidos\).](https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-quimicas/contaminantes/amonia/#:~:text=Amon%C3%ADaco%2C%20g%C3%A1s%20amon%C3%ADaco%20ou%20am%C3%B4nia, valores%20de%20pH%20(%C3%A1cidos).))

Os ventos fortes e a baixa umidade relativa apresentam perigos para a proliferação de bactérias e contribuem para a mumificação de um corpo, além do clima oscilantes e a baixa precipitação- principais motivos do processo de mumificação (Campobasso et al., 2001).

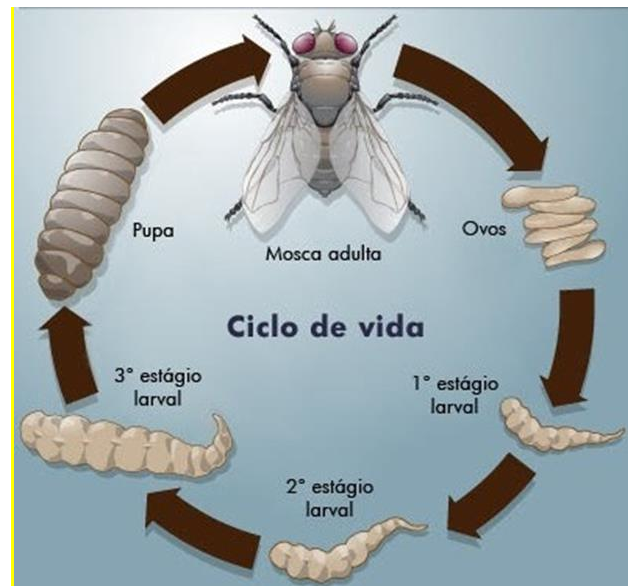
Para que a mumificação natural de um corpo ocorra é necessário que haja perda de água rapidamente, o que interfere diretamente na proliferação de microrganismos que realizam a decomposição, como acontece com diversos animais da Caatinga onde há calor intenso e pouca umidade (Campobasso et al., 2001).

Quando o corpo entra em estado de mumificação ou já se encontra mumificado, os insetos que habitariam seu corpo seriam os coleópteros- representados pelos besouros rola-bostas, vagalumes, escaravelhos e joaninhas- que se alimentam e realizam a oviposição nos tecidos. (Ribeiro, Andrade, Prévêde, 2015).

5.4.4 - Ciclo de vida dos insetos

Saber o ciclo de vida dos insetos, como o das moscas (Figura 43), é de suma importância para estabelecer uma cronologia. As fêmeas colocam seus ovos em corpos e carcaças de animais e após, aproximadamente, 24 horas acontece o nascimento das larvas. Em 5 a 8 dias, as larvas deixam a matéria orgânica onde estavam e sua pele endurece, formando uma casca, entrando no estágio pupal por um período de 4 a 5 dias. Durante o inverno, esse desenvolvimento pode se prolongar por várias semanas (<https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/moscas.htm>).

Figura 43 - Ciclo de vida das moscas varejeiras (*Chrysomya albiceps*).



Fonte: AREA DE PROJECTO, 2014.

Os insetos são de suma importância para o equilíbrio ambiental, porém por conta das alterações ambientais, há uma perda da biodiversidade, além de que, as mudanças climáticas alteram diretamente o ciclo de vida dos insetos, assim como o IPM (Constantino, 2024).

5.5 - ENTOMOGENÉTICA FORENSE

Existe uma ramificação da entomologia forense, chamada de entomogenética forense. Esse ramo extrai DNA humano de artrópodes e insetos, sendo de suma importância para a identificação de um suspeito quando o corpo já está em um avançado grau de decomposição, o que não pode ser descoberto por outras técnicas tradicionais (Luiz, 2019).

A utilização de técnicas biomoleculares para ajudar na entomologia é, particularmente, nova. A identificação de uma pessoa baseada na análise de seu DNA-nome dado ao ácido nucleico que possui as informações genéticas de cada ser humano-foi realizada pela primeira vez na década de 80 por Sir Alec Jeffreys. Depois disso, essa análise veio a ser uma nova ferramenta de evidência (Jeffreys et al., 1985).

O primeiro Banco de dados Forense foi criado na Inglaterra, mas o mais importante fica nos EUA, foi criado pelo FBI e se chama CODIS (Combined DNA Index System). No Brasil, o Banco de dados só foi criado em 28 de maio de 2012 com a promulgação da lei no 12.654 de

mesma data. Essa lei diz que criminosos que cometeram delitos de forma dolosa, ou seja, com a intenção de cometê-lo a fornecerem material biológico para extração de DNA. Assim, a biografia criminal genética fica no Banco de Dados Forense para possíveis posteriores comparações (Ojopi et al., 2004).

O fato de que, aproximadamente, 99,9% do genoma de um indivíduo pode ser idêntico ao outro, não anula a diferença de cerca de 3,2 bilhões de pares de bases de nucleotídeos que o compõe. Isso quer dizer que, quando há a comparação de dois indivíduos, é essa diferença que irá realizar a identificação já que não existem dois seres humanos com a sequência idêntica de bases no DNA- com exceção de gêmeos idênticos (Ojopi et al., 2004).

A técnica que for utilizada na análise depende do tipo de material biológico, o que influencia, diretamente, no sucesso da mesma (Leite et al., 2013).

Uma região do DNA que é utilizado na identificação frequentemente como marcador é o locus (plural: loci). É ele que gera um dos dois tipos de variação entre os indivíduos ou espécies. O locus pode variar em comprimento ou em sequência. Esses tipos são usados em diferentes técnicas (Leite et al., 2013).

A interpretação da combinação depende do quão raro é o tipo do DNA. Se for comum, a combinação entre a evidência e o suspeito pode ser facilmente identificado mesmo se a evidência veio de outra pessoa que não é o suspeito. Se for raro, então é menos provável que a evidência combine com o suspeito caso tenha vindo de outra pessoa (Benecke, 1998).

5.5.1 - Obtenção de DNA humano a partir de insetos

Sabe-se que um genótipo humano pode ser recuperado do trato digestivo de um mosquito alimentado ou de um piolho transferido durante um estupro. Apesar de alguns insetos possuírem digestão oral parcial, o conteúdo que fica no intestino de uma larva da *Musca domestica*, por exemplo, pode ser usado em todos os procedimentos de identificação genética (Wells; Stevens, 2008).

Normalmente, os métodos para a obtenção do DNA humano a partir de insetos tem como base a extração do mesmo, seguida da amplificação pela PCR²³ e a comparação dos resultados nos eletroferogramas²⁴ (Primorac e Schanfield, 2014).

Os avanços e aplicações dessas técnicas incluem a reação em cadeia de polimerase (PCR), RAPD- consiste na amplificação de DNA genômico em PCR-, AFLP- Consiste na digestão do DNA com o uso de uma enzima de restrição-e marcadores de DNA mitocondrial (mtDNA)e nuclear, usados na identificação de espécies (Semedo, 2019).

Algumas das estratégias usadas na extração do DNA são: o uso de fenol/clorofórmio, brometo de cetiltrimetilamônio, resina Chelex 100 ou kits comerciais disponíveis no mercado (Primorac e Schanfield, 2014).

As maiores vantagens de usar técnicas são que elas são mais rápidas (requerendo apenas horas ou dias ao invés de semanas) e precisam de bem menos amostras de DNA que métodos sem o PCR.

O DNA mitocondrial é o maior destaque das análises por conta da sua abundância em tecidos, o que torna fácil a sua obtenção. Espécies de califorideos, Sarcophagidae e Coleoptera já foram identificadas por meio dessa técnica (Kosmann, 2009).

As técnicas moleculares avançaram e estão concentradas no uso do PCR, com o benefício de identificar o inseto por qualquer vestígio morfológico das fases do seu ciclo de vida. Outros métodos também são utilizados, como o PCR- RFLP e a Cromatografia para análise de substâncias tóxicas (Sperling et al., 1994).

Diversas análises realizadas nessa subárea mostraram que existe uma certa discrepância entre as espécies necrófagas presentes no corpo e nas regiões geográficas onde o corpo foi encontrado, isso fornece evidências de que a vítima foi deslocada. Essa evidência surge porque a movimentação constante do corpo causa a condução da fauna do local original da morte para o segundo local, além de existirem espécies endêmicas, que são restritas a certos locais (Thyssen, 2008).

²³PCR é a sigla dada para a reação em cadeia da polimerase. Essa reação é utilizada para fazer cópias de uma região específica do DNA (Reece et al., 2011).

²⁴ Eletroferograma é um gráfico que mostra os dados genéticos de determinado indivíduo que será extraído para a leitura da sequência de DNA (Imagem do Eletroferograma - Sua sequência de dados genéticos | EasyDNA Portugal, 2016).

Alguns estudos mostraram a possibilidade de retirar e identificar o DNA humano do trato digestivo de larvas necrófagas e hematófagos (que sugam sangue) por meio da multiplicação do DNA encontrado. Essa técnica é usada na resolução de casos de cadáveres que estão em um alto grau de decomposição, em que não é possível utilizar as técnicas padrões na obtenção da identidade da vítima e, até mesmo, do(a) autor(a) do crime, como em casos de estupro seguido de morte, em que as larvas se alimentam do sêmen presente nos canais vaginais e anais (Zehner et al., 2004).

A possibilidade da identificação do agressor em casos como este é de suma importância no auxílio de investigações criminais, já que os métodos convencionais (coleta por *swab*) ficam limitados à fatores externos como o tempo de degradação do material ser curto, situações que envolvam diversos dias para o encontro do cadáver e o estágio de decomposição em que o corpo se encontra (Rabêlo et al. 2015).

Em insetos hematófagos é possível a obtenção do DNA humano de um ou mais indivíduos quando o crime ocorre em um local fechado, como por exemplo, em casos de estupros e cárcere privado. Isso se deve porque quando a fêmea se alimenta do sangue, ela continuará o repasto sanguíneo- nome dado a atividade alimentar de mosquitos hematófagos-, dessa forma, ela consegue adquirir o DNA de um ou mais indivíduos. Por meio da análise é capaz a interpretação de perfis complexos que apresentam a mistura de materiais genéticos, além de revelar informações em relação ao espaço e tempo ocorrido (Voskoboinik; Darvasi, 2011; Haned et al., 2015).

Em casos de vítima carbonizada também pode ser realizada a identificação. O DNA é retirado do trato digestivo das larvas encontradas no cadáver e, com o uso das técnicas de dissecação dos insetos e -após isso- a técnica orgânica de obtenção do DNA. É recolhida uma amostra de saliva de um suposta familiar da vítima -de preferência pai ou mãe biológicos- e através do Short tandem repeats (STR) é feita uma comparação de DNA entre as amostras (Dávila et al., 2018).

5.5.2 - Análise do loci STR

Os marcadores STR (Short Tandem Repeats, em português são chamados de microssatélites) são sequências repetidas que possuem um elevado grau de polimorfismo por conta da variação do número de unidades de repetição (Lygo et al., 1994)

A análise do loci STR é, no momento, a técnica mais eficaz e usada para a identificação de amostras biológicas e é bem realizada por conta da diversidade de substratos como sangue, saliva, amostra de ossos etc. (Schneider et al., 2004).

Em um estudo recente foi feita a simulação de morte violenta em um porco doméstico fêmea da espécie *Sus scrofa*. Nela foi colocado sêmen humano nos canais vaginais e analisando simulando ejaculação do estuprador e, ao decorrer do avanço da decomposição da carcaça, houve a coleta das larvas presentes nesses canais. Em laboratório foi extraído o trato digestivo desses insetos pela dissecação e extração orgânica do DNA das amostras. Por meio de técnicas laboratoriais de amplificação por PCR, obteve-se o DNA Y para a análise comparativa com a amostra do doador do sêmen para o estudo. O resultado foi a obtenção de 8 loci dos 16 que foram testados em combinação com o Y-STR do trato digestivo das larvas, o que indicou a fonte doadora do cromossomo Y (Chamoun et al., 2020).

Uma importante dificuldade na obtenção do cromossomo Y foi levantada por Kirsten Luiz (2019). Quando é extraído o DNA de larvas, há uma mistura dos materiais genéticos da vítima e do possível agressor, já que o DNA da vítima sempre está em proporções maiores. Existe um padrão na quantificação de DNA a ser obtida e a quantidade presente no corpo poderia não ser o suficiente para traçar um perfil genético do culpado. Mas com técnicas corretas e mais apropriadas é possível extrair e separar o provável DNA masculino e conseguir amplificar o cromossomo Y. Nesse estudo foi realizada a maceração completa dos insetos, mostrando que também é possível a extração.

5.5.3 – Ciclo de vida dos insetos e extração do DNA

É importante levar em conta o estágio de vida do inseto no momento em que são coletados do corpo. Os que se encontram nas fases larvais 2 e 3 e a pupal fornecem maior concentração de DNA, por conta da baixa degradação e inibição no trato digestivo (Powers et al., 2019).

Estudos mostraram que o melhor momento para a obtenção de um perfil de DNA é 24 horas após a alimentação em larvas na terceira fase das espécies *Chrysomya albiceps* e *Musca domestica*. As larvas da primeira espécie citada apresentaram resultados positivos na extração do DNA mesmo depois de 72 horas da alimentação (Mohammad et al., 2021).

Um exemplo de caso ocorreu em março de 2008, na cidade de Changsha, China. Um cadáver sem cabeça foi descoberto e a 500 metros do local, a provável cabeça. Devido ao estado avançado de putrefação, não foi possível a identificação da vítima, mas foram achadas larvas que foram recolhidas. Realizou-se a análise do mtDNA e do STR de fragmentos de HVII- uma região específica do mtDNA- encontrados no trato digestivo de larvas de moscas varejeiras da espécie *Aldrichinagrahami*, -que estavam presentes tanto no corpo quanto na cabeça-, o que forneceu o material suficiente para a identificação a partir do eletroferograma (Li et al., 2011).

Outro exemplo de caso trata-se de uma mulher que estava desaparecida há cerca de 7 dias e foi encontrada nua em um parque próximo a Roma. O corpo estava em um avançado grau de decomposição e havia suspeitas de crime sexual. A morte se deu por intoxicação aguda de drogas. No cadáver havia larvas de moscas em diferentes estágios de desenvolvimento, elas foram coletadas e postas em etanol a 80% para preservação. As pupas foram identificadas como sendo da espécie *Luciliasericata*. As amostras foram quantificadas e foi usado o kit QuantifilerHuman (Applied Biosystem) no PCR e o kit AmpFISTRNGM™SElect (Applied Biosystem) para a amplificação. O resultado foi que os perfis de STR (extraídos com PrepFiler), conseguidos a partir de dois pupários combinaram um com o outro e com o da vítima (Li et al., 2011).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi desenvolvido o estudo da entomologia, compreendendo o grupo dos insetos e sua importância para os seres humanos, além das principais técnicas da entomologia forense, ligadas ao cálculo do Intervalo Post-mortem.

O estudo revelou como a identificação dos insetos presentes em um corpo e/ou uma cena de crime pode ser fundamental para a elucidação dos fatos em uma investigação criminal. No ramo da entomogenética forense foi explorado como a obtenção do material genético da vítima e do possível suspeito do crime, através da extração de DNA do trato digestório de insetos, pode ajudar a solucionar o mesmo.

A pesquisa destacou a importância dos insetos para o equilíbrio ambiental, apontando o impacto significativo das alterações nas condições ambientais, resultantes das emergências climáticas, na perda da biodiversidade, o que provoca um desequilíbrio no ciclo natural da Terra. No campo da entomologia forense, além de dificultar o trabalho dos profissionais da área, essa discrepância de temperaturas afeta diretamente o ciclo de vida dos insetos, ocasionando a perda do padrão utilizado na determinação da idade do inseto e na estimativa do IPM.

Espera-se que este trabalho seja uma fonte de conhecimento científico e de divulgação da entomologia forense, em língua portuguesa, acessível e de fácil compreensão para todas as pessoas que tenham interesse em estudar o tema, além de buscar conscientizar sobre como a emergência climática que enfrentamos pode impactar diretamente em diversas áreas profissionais ligadas à saúde humana e seus nichos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGARWAL, A. D. Estimating the post-mortem interval with the help of entomological evidence, 2005.
- ALI, M.R.; TARIQ, A.M.; RUSSEIN, B.A.J. Forensic entomology in the disclosure of the circumstances of criminal cases: a review. **Science Archives**, v.1, n.3, p. 202-206, 2020.
- ALMEIDA, L. M; MISE, K. M. Diagnostico e chave das principais famílias e espécies da América do Sul Coleóptera de importância forense. *Revista Brasileira de entomologia*, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0085-56262009000200006. Acesso em: 16 out. 2024.
- BARBOSA, R R, Queiroz M.M.C. Gredilha R, Lima AF, Mello RP. 2006. Coleópteros de importância forense na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. In: XXI Congresso Brasileiro de Entomologia (Recife-PE).
- BARROS, R.M; MELLO-PATIU, C.A. de, PUJOL-LUZ, J.R. 2008. Sarcophagidae (Insecta, Diptera) associados à decomposição de carcaças de Sus Scrofa Linnaeus (suidae) em área de Cerrado do Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de entomologia**. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262008000400011>. Acesso em 10 out. 2024.
- BENECKE, M. 1998. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) typing of necrophagous insects (Diptera, Coleoptera) in criminal forensic studies: validation and use in praxi, **Foren. Sci. Int.**,98:157–168.
- BHARTY, M.; SINGH, D. Insect faunal succession on decaying rabbit carcasses in Punjab, India. **Journal of Forensic Sciences**, v.48, 1-11, 2003.
- BRAGANÇA, S.P; Principais dipterous necrófagos observados em carcaça de suínos SUINOS Sus scrofa Linnaeus (Suidae) oriundas de área silvestre na região da Chapada dos Guimarães Mato Grosso/Brasil. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas do UNIVAG Centro Universitário, 2017.
- BYRD, J.H.; CASTNER, J.L. **Forensic Entomology - The Utility of Arthropods in Legal Investigations**. 1ª ed. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2000.
- CAMPOBASSO, C.P.; DI VELLA, G.; INTRONA, F. Factor affecting decomposition and Diptera colonization. **Forensic Science International**, v. 120, p. 18-27, 2001.
- CARVALHO, C.J.B. et al. A catalogue of the Muscidae Díptera of the Neotropical Region. **Zootaxa**, v. 860, p. 282.16, 2005.
- CARVALHO, L. M. L.; LINHARES, A. X. Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil. **Journal of Forensic Science**, v. 6, n. 3, p. 604-608, 2001.
- CARVALHO, L.M. L.; THYSSEN, A.X.; LINHARES, A.X.; PALHARES, F.A.B. A checklist of Arthropods associated with Pig Carrion and Human Corpses in South eastern Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, p. 135-138, 2000.

CATTS, E.P.; GOFF, M.L. Forensic entomology in criminal investigations. **Annual Review of Entomology**, v. 37, p. 253-272, 1992.

CONSTANTINO, R. cap. 5 - A importância dos insetos. In: RAFAEL, J.A. et al. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2ª ed. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2024.

CHAMOUN, C.A. et al. Recovery & identification of human Y-STR DNA from immatures of *chrysomyaalbiceps* (Diptera: Calliphoridae). Simulation of sexual crime investigation involving victim corpse in state of decay. **Forensic Science International**, v. 310, p. 2-7, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073820301018?via%3Dihub>. Acesso em 07 out. 2024.

CSIRO. *Insects of Australia, Volume 1: A Textbook for Students and Research Workers*. 2nd Edition. Melbourne University Publishing, 1990.

DÁVILA, V.L.G. et al. Identificação de restos humanos mediante El análisis de ADN Del contenido gastrointestinal de larvas de mosca. *Revista Ciencias Farmacéuticas Y Biomedicina*. v.2, p. 55, 2018. Disponível em: <https://rcfb.uanl.mx/index.php/rcfb/article/view/171/164>. Acesso em: 16 out. 2024.

FARIAS, P.R.S. **Manual de entomologia geral**. Belém-PA: Edufra, 2013.

GANNON, R. The body farm. **Popular Science**, v. 251, p.76-81, 1997.

GARRIDO, R.G.; NAIA, M.J.T. Cronotanatognose: a influência do Clima tropical na determinação do Intervalo post-mortem. **Lex Humana**, Petrópolis, v. 6, n. 1, p. 180-195, 2014.

GOMES, L. et al. *Insetos, Entomologia e Ciências Forenses*. In: GOMES, L. **Entomologia Forense. Novas Tendências e Tecnologias nas Ciências Criminais**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

GREDILHA, R.; PARADELA, E. R.; FIGUEIREDO, A. L. S. 2007. Entomologia forense – insetos aliados da lei. Disponível em: http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?artigo_id=2288&n_link=revista_artigos_leitura Acesso em: 12 set. 2024.

JEFFREYS, A.J.; WILSON, V., THEIN, S.L. (1985). Hipervariable ‘‘minisatellite’’ regions inhuman DNA. *Nature*, 314:67-73.

KARDAUKE, A. Entomologia forense. TikTok, 2022. Disponível em: <https://vm.tiktok.com/ZMjG6S1C5/>. Data do acesso: Out, 2023.

KEH. Scope and applications of forensic entomology. **Ann Ver Entomol**. v. 30, p.137-154, 1985.

KIRSTEN LUIZ, R. R. Identificação humana a partir de larvas necrófagas em situações de simulação de violência sexual seguida de morte. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Genética, no Curso de Pós-Graduação em Genética, Universidade

Federal do Paraná, Curitiba 2019. Disponível em:

<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/67559>. Acesso em 9 out. 2024.

KOSMANN, C. Código de barras (DnaBarcode) de dípteros de interesse forense. Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de concentração em Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, Curitiba, 2009.

LECLERQ M.; VAILANT, F. Entomologie et médecine légale: une observation inédite. **Annales de la Société Entomologique de France**, v. 28 (1): 3-8, 1992.

LEITE, G.L.D. **Entomologia Básica**. Apostila. ICA/UFMG, 2011.

LEITE, V. S et al. Uso das técnicas de biologia molecular na genética forense. **Derecho y Cambio Social**, 2013.

LI, X. et al. Mitochondrial DNA and STR analyses for human DNA from maggots crop contents: A forensic entomology case from central-southern China. **Tropical Biomedicine**, v.28(2), p. 333–338, 2011.

LORD, W. D.; STEVENSON, J. R. **Directory of Forensic Entomologists**. 2ed. Washington, D.C, Misc. Publ. Armed Forces Pest Mgt. Board. 1986.

LORD, W. D.; BURGER, J. F. Collection and preservation of forensically important entomological materials, **J. Foren. Sci.**, v. 28, p.936–944, 1983.

LINCOLN, R.J.; BOXSHALL, G.A.; CLARK, P.F. **A Dictionary of Ecology, Evolution and Systematics** (Oxford Paperback Reference). 02. ed. Cambridge University: [s. n.], 1998.

LUIZ, R.R.K. **Identificação humana a partir de larvas necrófagas em situações de simulação de violência sexual seguida de morte**. 2019. (Dissertação de mestrado na área de Genética) - Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, 2019.

LYGO, J. E.; JOHNSON, P. E.; HOLDAWAY, D. J.; WOODROFFE, S.; WHITAKER, J. P.; CLAYTON, T. M.; KIMPTON, C. P.; GILL, P. The validation of short tandem repeat (STR) loci for use in forensic casework. **International Journal of Legal Medicine**, v. 107, p. 77-89, 1994.

MAGAÑA, C. La Entomología Forense y su aplicación a la medicina legal. Data de La muerte. **Bol. SEA**, 28: 49-57, 2001.

MARQUES, M.D. 2024. Cap. 2, Anatomia interna e fisiologia. In: RAFAEL, J.A. et al. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2ª ed. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2024.

MARTINS, E. Análise dos processos de decomposição e sucessão ecológica em carcaças de suínos (*Sus scrofa* L.) mortos por disparo de arma de fogo e overdose de cocaína e protocolo de procedimento diante de corpo de delito. 2009. 120 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009.

MÉGNIN, J. **La Faune des cadáveres: application de l'entomologie a la medicine legale**. Paris: Encyclopedie Scientifique des Aides, Memoires Masson, 1894. 234p.

MISE, K.M et al. Coleoptera associated with pig carcass exposed in a forest reserve, Manaus, Amazonas, Brazil. **Biota Neotrop**. V.10, p. 320-324, 2010.

MOHAMMAD, Z. et al. Role of *Chrysomya albiceps* (Diptera: Calliphoridae) and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) Maggot Crop Contents in Identifying Unknown Cadavers. **Journal of Medical Entomology**, v.58, Issue 1, p. 93–98, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/jme/article-abstract/58/1/93/5877892>. Acesso em 21 out. 2024.

OJOPI, E.P.B et al. O genoma Humano e as Perspectivas para o estudo da esquizofrenia. **Revista Psiquiatria e Clinica**, 31(1):9-18, 2004.

OLIVEIRA, C. J. **Entomologia Forense: Quando os insetos são vestígios**. 2.ed. Editora Millennium. Cap. 4, p. 52-64, 2008.

OLIVEIRA-COSTA, J. **Entomologia Forense: Quando os insetos são os vestígios**. 3a Ed. São Paulo: Editora Millennium, 2011.

OLIVEIRA-COSTA J; LOPES S.M. A relevância da Entomologia Forense para a Perícia Criminal na elucidação de um caso de suicídio. **Entomologia y Vectores**, v. 7, n. 2, p. 203-209, 2000.

OLIVEIRA, T.C.; VASCONCELOS, S.D. Insects (Diptera) associated with cadaver at the Institute of Legal Medicine in Pernambuco, Brazil: Implications for forensic entomology. **Forensic Science International**, v. 198, p. 97-102, 2010.

OLIVEIRA, V.C.; MELLOB, R.P.; D'ALMEIDA, J.M. Dípteros muscóides como vetores mecânicos de ovos de helmintos em jardim zoológico, **Brasil**. 36(5):614-20, 2002.

PAPE, T. Catalogue of the Sarcophagidae of the world (Insecta: Diptera). *Memoirs of Entomology International*, 1996.

POWERS, J.; OORSCHOT, R. A.H. V.; DURDLE, A. Investigation into the presence of human DNA in the various life stages of forensically relevant Calliphorid species. **Australian Journal of Forensic Sciences**, v. 51, n. 1, p. S234–S237, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00450618.2019.1569143>. Acesso em 20 set. 2024.

PRIMORAC, D.; SCHANFIELD, M. *Forensic DNA applications: an interdisciplinary perspective*. CRC Press. New York, 2014.

PUJOL-LUZ, J.R.; ARANTES, L.C.; CONSTANTINO, R. Cem anos da Entomologia Forense no Brasil (1908-2008). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 4, p. 485-492, 2008.

RABÊLO, K.C.N. et al. Trace samples of human blood in mosquitoes as a forensic investigation tool. **Genet Mol Res**, in press, 2015.

REECE, J. B. et al. (2011). **Forensic evidence and genetic profiles**. (10th ed., pp. 430-431). San Francisco, CA: Pearson, 2011.

- RIBEIRO, S. R.; ANDRADE, C. A.; PRÉVIDE, A. M. Entomofauna de uma cabeça de porco (Mammalia, Suidae) exposta a um ambiente rural na cidade de Bebedouro-SP. *Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics.*, Ribeirão Preto, v. 4, n. 2, p. 258- 272, 2015.
- SAMANTA, S; GHOSH, S. Concept and Applications of Forensic Entomology. **Agriculture & Food: E-Newsletter**, v. 4, n. 3, 2022.
- SANTANA, C.S.; VILAS BOAS, D.S. Entomologia forense: insetos auxiliando a lei. **Revista Ceciliana**, v.4, n.2, p.31-34, 2012.
- SANTOS W. E. et al. Beetles (Insecta, Coleoptera) associated with pig carcasses exposed in a Caatinga area, northeastern Brazil. **Braz. J. Biol.** 74: 649-655; 2014.
- SCHNEIDER, P.M. et al. STR analysis of artificially degraded DNA-results of a collaborative European exercise. **Forensic Sci Int.** Jan 28;139(2-3):123-34. doi: 10.1016/j.forsciint.2003.10.002. PMID: 15040905, 2004.
- SCHOENLY, K. et al. A basic algorithm for calculating the post mortem interval from arthropod successional data, **J. Foren. Sci.**, 37:808–823, 1992.
- SCUDDER, G. E.; CANNINGS, R. A. The Diptera families of British Columbia, 2006.
- SEMEDO, Á.M. V. Importância dos dípteros em entomologia forense: Diversidade e caracterização morfológica de larvas de Calliphoridae. Dissertação apresentada como requisito à obtenção de grau de Mestre em BiologiaHumana e Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/39036>. Acesso em 24 out. 2024.
- SPERLING, F.A.H; ANDERSON, G.S., HICKEY, D.A. A DNA-based approach to the identification of insect species used for postmortem interval estimation. **J Forensic Sci**, v. 39, p. 418-427, 1994.
- THYSSEN, P.J. As aplicações do DNA na entomologia forense e no contexto legal. **Biológico**, v.70, n.2, p. 49-50, 2008.
- VOSKOBOINIK, L; DARVASI, A. Forensic identification of an individual incomplex DNA mixtures. **Forensic Science International: Genetics** 5 (5):428-435, 2011.
- WELLS, J.D.; LAMOTTE, L.R. **Estimating the Postmortem Interval**. In: BYRD, J.H.; CASTNER, J.L. (Org.). *Forensic Entomology - The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. 1ª ed. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2000.P. 263-286.
- WILLIAMS, H. A model for the aging of fly larvae in forensic entomology, **Foren. Sci. Int.**, v.25, p.191–199, 1984.
- ZEHNER, R; AMENDT, J.; KRETTEK, R. STR typing of human DNA from fly larvae fed on decomposing bodies. **J forensic Sci.**, v. 49, p. 337-340, 2004.

