



UFRJ



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
MARCUS VINICIUS VILLARINHO DE SOUSA

**Uma aplicação do uso de microscopia eletrônica de varredura para ilustrar
e divulgar a pesquisa em biologia reprodutiva de vetores no Brasil**

RIO DE JANEIRO

2022

Marcus Vinicius Villarinho de Sousa

Uma aplicação do uso de microscopia eletrônica de varredura para ilustrar e divulgar a pesquisa em biologia reprodutiva de vetores no Brasil

Volume único

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (MP-EGeD) do Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação, Gestão e Difusão em Biociências.

Orientadores: Prof^a. Dr^a. Isabela Barbosa Ramos
(IBqM/UFRJ)
Prof^a. Dr^a. Sonia Vasconcelos
(IBqM/UFRJ)

Rio de Janeiro

2022

V322a Vinicius Villarinho de Sousa, Marcus
Uma aplicação do uso de microscopia eletrônica de varredura para ilustrar e divulgar a pesquisa em biologia reprodutiva de vetores no Brasil / Marcus Vinicius Villarinho de Sousa. -- Rio de Janeiro, 2022.
86 f.

Orientadora: Isabela Barbosa Ramos.
Coorientadora: Sonia MR Vasconcelos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis, Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências, 2022.

1. Insetos vetores. 2. *Rhodnius prolixus*. 3. doença de Chagas. 4. microscopia eletrônica de varredura. 5. popularização da ciência.. I. Barbosa Ramos, Isabela, orient. II. MR Vasconcelos, Sonia, coorient. III. Título.

Marcus Vinicius Villarinho de Sousa

Uma aplicação do uso de microscopia eletrônica de varredura para ilustrar e divulgar a pesquisa em biologia reprodutiva de vetores no Brasil

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (MP-EGeD) do Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação, Gestão e Difusão em Biociências.

Aprovado em:

de 2022

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Isabela Barbosa Ramos, MP-EGeD, IBqM, UFRJ - orientadora

Prof^a. Dr^a. Sonia Vasconcelos, MP-EGeD, IBqM/ UFRJ - coorientadora

Prof^a. Dr^a. Grazielle Pereira, IFRJ/MP-EGeD/UFRJ - membro titular interno

Prof^a. Dr^a. Renata Campos, MP-EgeD, IMPG/UFRJ - membro titular interno

Prof^a. Dr^a. Bianca Ortiz, DECANIA CCS/PPG em ensino de Ciências, IBCCF/UFRJ - membro titular externo

Prof^a. Dr^a. Erika Negreiros, MP-EGeD, IBCCF/UFRJ – membro revisor e suplente interno

Prof^a. Dr^a. Cassia Sakuragui, ProfBio, IB/UFRJ - membro suplente externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço às minhas orientadoras, Isabela Ramos e Sonia Vasconcelos, que incentivaram durante todo o trabalho e me mostraram que é possível fazer ciência nos pequenos detalhes. Agradeço o acolhimento desde o primeiro contato e por aceitarem este desafio comigo. Sem palavras para expressar a minha gratidão por tudo.

Ao professor Marcelo Rocha pelo acolhimento e carinho em um momento difícil para todos, em plena pandemia de COVID-19, mostrando como é possível realizar ciência mesmo à distância.

Aos docentes do Programa, em especial o Prof. Hatisaburo Massuda, e alunos que compartilharam comigo esta jornada incrível.

À minha família e amigos que me apoiaram e incentivaram em todos os momentos, mesmo na incerteza de não saber como as coisas ficariam. Em especial, agradeço à minha esposa Thaianne Villarinho, colega de turma e maior incentivadora, e ao meu filho Arthur Villarinho, que me motiva a acordar todos os dias e buscar ser uma pessoa melhor, bem como à minha avó/mãe Vera Villarinho. Sem ela não seria um bacharel em enfermagem e pós-graduando em um Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Agradeço também à equipe maravilhosa do Laboratório de Bioquímica de Insetos (Priscila Vieira, Jessica Pereira, Thamara Rios, Larissa Bomfim, Elisa Almeida, Allana Reis, Matheus Neves, Juliana Amorim e Felipe Bertuci) que me receberam, ajudaram e colaboraram nesta jornada.

"Any intelligent fool can make things bigger and more complex... It takes a touch of genius --- and a lot of courage to move in the opposite direction." –

Albert Einstein

RESUMO

O presente estudo tem como principal objetivo explorar estruturas morfológicas e reprodutivas do *Rhodnius prolixus*, inseto vetor da doença de Chagas, em imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) como estratégia de divulgação científica sobre a importância da pesquisa relacionada à biologia reprodutiva de insetos vetores no Brasil. A utilização de MEV no estudo de insetos vetores é bastante comum na literatura acadêmica, especialmente na detecção de características morfológicas ultraestruturais que são utilizadas para a correta identificação das diferentes espécies. A técnica de MEV é capaz de usar elétrons acelerados em uma coluna a vácuo para gerar imagens da superfície de amostras biológicas em aumentos muito maiores do que os obtidos em microscópios de luz. Sendo assim, imagens geradas por MEV tendem a ilustrar uma visão plasticamente bonita de estruturas biológicas, com uma enorme e fascinante riqueza de detalhes de superfícies tridimensionais microscópicas. Porém, as fascinantes imagens geradas por MEV são comumente publicadas apenas em artigos científicos, que tendem a ter circulação restrita a membros da comunidade acadêmica. Sendo assim, para explorar esse tópico, realizamos no presente trabalho uma revisão narrativa acerca do tema “uso de MEV em divulgação científica” e encontramos apenas 10 trabalhos publicados que, de alguma forma, utilizaram imagens de MEV em produtos de divulgação científica. Com a proposta de utilizar imagens de MEV como ferramenta para estimular a curiosidade e o interesse do público, geramos imagens de MEV das estruturas reprodutivas do inseto vetor da doença de Chagas *Rhodnius prolixus*, e compilamos estas imagens em um *e-booklet* junto com informações sobre a importância da pesquisa sobre biologia reprodutiva de insetos vetores de doenças infecciosas, especialmente no Brasil. O produto gerado foi avaliado por consultores especialistas e disponibilizado para o público na plataforma da Educapes.

Palavras-chave: Insetos vetores; *Rhodnius prolixus*; doença de Chagas; microscopia eletrônica de varredura; popularização da ciência; *e-booklet*.

ABSTRACT

The main objective of this study is to explore the morphological and reproductive structures of *Rhodnius Prolixus*, the insect vector of Chagas disease, in Scanning Electron Microscopy (SEM) images, as a strategy for scientific dissemination on the importance of research on the reproductive biology of insect vectors in Brazil. The SEM technique is capable of using electrons accelerated in a vacuum column to generate images of the surface of biological samples at much higher magnifications than those obtained with light microscopes. As such, images generated by SEM tend to illustrate a plastically beautiful view of biological structures, with an enormous and fascinating richness of details from microscopic three-dimensional surfaces. The use of SEM in the study of insect vectors is quite common in the academic literature, especially in the detection of ultrastructural morphological characteristics that are used for the correct identification of different species. However, the fascinating images generated by SEM are commonly published only in scientific articles, which tend to have restricted circulation to academic community members. Therefore, to explore this topic, we carried out a narrative review on the theme “use of SEM in science communication” and found only 10 published articles that somehow used SEM images to promote the public understanding of science. To test the application of SEM images to stimulate the public's curiosity and interest, we generated SEM images of the reproductive structures of *Rhodnius prolixus*, an insect vector of Chagas disease. These images were then compiled into an e-booklet, together with information on the importance of research on the biology of insect vectors of infectious diseases, especially in Brazil. This material was evaluated by expert consultants and made available to the public on the open-access platform Educapes.

Keywords: Insect vectors; *Rhodnius prolixus*; Chagas disease; scanning electron microscopy; public understanding of science; e-booklet.

LISTA DE SIGLAS

CCS	Centro de Ciências da Saúde
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CENABIO	Centro Nacional de Biologia Estrutural e Bioimagem
DTN	Doenças tropicais negligenciadas
IBqM	Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis
INCTEM	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MP-EGeD	Mestrado Profissional Em Educação, Gestão e Difusão em Biociências
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Carlos Chagas.....	20
Figura 2. Ciclo de vida do <i>Trypanosoma cruzi</i>	22
Figura 3. <i>Rhodnius prolixus</i>	25
Figura 4. Exemplos de imagens de MEV.....	28
Figura 5. Amostras nos suportes apropriados (<i>stubs</i>) após a metalização com ouro.....	33
Figura 6. Análise das estruturas do <i>Rhodnius prolixus</i> no microscópio FEI QUANTA 250 - CENABIO UFRJ.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Informações gerais sobre as 10 publicações selecionadas ao final das etapas da revisão narrativa.....	36
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo dos resultados da busca de descritores no Google Scholar e print screen da tela de busca realizada no dia 10/06/2022	35
--	----

APÉNDICE A – E-booklet	55
-------------------------------------	-----------

	DEDICATÓRIA.....	5
	AGRADECIMENTOS.....	5
	RESUMO.....	7
	ABSTRACT.....	8
	LISTA DE SIGLAS.....	9
	LISTA DE FIGURAS.....	10
	LISTA DE QUADROS.....	11
	LISTA DE TABELAS.....	12
	APÊNDICES.....	13
	Sumário	
1	APRESENTAÇÃO.....	15
2	INTRODUÇÃO.....	18
2.1	Doenças transmitidas por vetores e doenças tropicais negligenciadas.....	18
2.2	Doença de Chagas – um breve histórico.....	18
2.3	Doença de Chagas – um problema de saúde pública.....	21
2.4	Vetores da doença de Chagas.....	23
2.4.1	Rhodnius prolixus.....	23
2.5	Estratégias atuais de controle de vetores.....	24
2.6	Microscopia Eletrônica – uma ferramenta com maior poder de resolução....	25
2.6.1	Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	26
3	JUSTIFICATIVA.....	28
4	OBJETIVO GERAL.....	29
4.1	Objetivos específicos.....	29
5	METODOLOGIA.....	30
5.1	Revisão narrativa.....	30
5.1.1	Nota introdutória.....	30
5.1.2	Seção sobre como foi a coleta e o screening.....	30
5.2	Dissecção dos insetos.....	31
5.3	Preparo e aquisição das imagens de MEV.....	31
5.4	Elaboração do e-booklet.....	32
5.5	Parecer de especialistas sobre o e-booklet.....	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
6.1	Resultados quantitativos da revisão narrativa da literatura sobre uso de MEV em divulgação científica no Brasil.....	33
6.1.2	Sobre a escolha da base de dados Google Scholar.....	41
6.2	Elaboração do <i>e-booklet</i>	41
6.3	Apreciação da concepção e conteúdo do e-booklet pelos consultores colaboradores.....	42
7	Considerações finais.....	47
8	Referências Bibliográficas.....	49
9	ANEXO 1.....	56

1 APRESENTAÇÃO

No ano de 2006 eu ingressava na Universidade Castelo Branco para cursar enfermagem, um mundo acadêmico totalmente desconhecido para um estudante que terminou o ensino médio em 2002, voltado para provas e vida militar. Em 2008 me transferi para a Universidade Gama Filho, a qual me proporcionou, em 2010, o título de bacharel em Enfermagem. Geralmente, nas universidades privadas, não somos muito estimulados a produzir artigos e participar de programas de iniciação científica, até pelo fato de terem um olhar voltado para o mercado de trabalho e inserção rápida para empregabilidade. Minha esposa, formada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, participava de tais programas como iniciação científica, da produção de artigos, de congressos e outras atividades, das quais eu sentia muita falta, até pelo fato de precisar trabalhar para ajudar a custear meus estudos.

Ainda em 2008, com a necessidade de ajudar a custear meus estudos e por gostar muito da área de biologia básica (anatomia e fisiologia), decidi ajudar colegas de classe e amigos próximos na área de anatomia, e em troca recebia uma pequena ajuda. Em 2011, já formado, decidi que não deveria parar de me capacitar e que, além de enfermeiro, seria professor. Então me inscrevi em uma especialização em enfermagem do trabalho e licenciatura em enfermagem.

Licenciatura em enfermagem

Na licenciatura, aprendi que para ensinar e transmitir conhecimento devemos utilizar de meios e facilitadores para uma melhor transmissão da mensagem ao aluno de forma clara, e comecei a trabalhar no ensino profissionalizante no Senac-Rio. Foram três anos e meio de muito aprendizado. Nessa etapa fui aprimorando todo o conhecimento que aprendi durante o período da licenciatura em enfermagem. Nesse período, sempre buscando oportunidades, tive o desejo constante de me inserir no ensino superior e me tornar um professor universitário. Um sonho que iniciou em 2014.

Vida de professor universitário

Em 2014, após um convite, fui trabalhar em uma instituição de ensino superior privada, a Anhanguera e, no segundo semestre, fui convidado a integrar o corpo docente em enfermagem. Era um dos maiores desafios da

minha vida profissional e, ao entrar em minha primeira turma composta por 70 alunos, não foi fácil. Continuei me dedicando e recebi o convite para integrar outros cursos de graduação na área básica como biomedicina, farmácia, fisioterapia, nutrição e odontologia. Aprendi a lecionar e me capacitei para tal, mas ainda não tinha a maturidade acadêmica para prosseguir e evoluir na profissão, e faltava algo. Como a grande maioria dos colegas eram mestres e doutores, resolvi buscar informações sobre os programas de pós-graduação *stricto sensu*.

No ano de 2017 fui desligado após 4 anos de dedicação e, ao mesmo tempo, estável na zona de conforto, resolvi buscar a Universidade Federal do Rio de Janeiro através de uma pesquisadora do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho.

Aperfeiçoamento acadêmico

Em 2017, a convite de uma amiga, pedi para participar do grupo de pesquisa do Laboratório de Fisiologia Celular e Molecular, orientado pelo Prof. Marcelo Morales, e aprendi muito durante junho de 2017 a janeiro de 2018. Realizei experimentos, capacitação e me inseri em um universo totalmente novo e, ao mesmo tempo, fascinante pela sua grandeza e pela oportunidade de produzir ciência e contribuir com a sociedade. Preparei-me para o ingresso no mestrado nesse período e, em 2017, eu e minha esposa descobrimos que seríamos pais. Infelizmente, por não ser aluno e não ter uma bolsa de iniciação científica por ser graduado, retornei ao mercado de trabalho em 2018, adiando o sonho de ser um pesquisador da UFRJ.

Ingresso no Mestrado Profissional do Instituto de Bioquímica Médica – Leopoldo de Meis

No período de 2018 e 2019 senti que faltava algo e que meu sonho não poderia parar. Então procurei informações sobre o mestrado profissional do IBqM e realizei o processo seletivo. Na prova oral da seleção e, por não haver projeto previamente organizado para o mestrado profissional, fui abordado pela comissão de seleção sobre minhas ideias de projeto e possibilidades dentro do Programa. Após ser aprovado em 2020, verifiquei o corpo docente do Programa e enviei e-mail para a Profa. Isabela Ramos, perguntando sobre a

possibilidade de me orientar, por ser uma das docentes do Programa que possuía laboratório de pesquisa experimental e que poderia me ajudar a aprofundar mais sobre a minha primeira ideia de projeto. Ao ser apresentado ao Laboratório de Bioquímica de Insetos, vi a oportunidade de realizar a pesquisa de bancada, com experimentos, mesmo em um mestrado profissional. A Universidade Federal do Rio de Janeiro e o IBqM oferecem todo o suporte para um estudante dos programas de mestrado e doutorado. Com apoio do corpo docente, técnicos e infraestrutura, esse trabalho se torna menos difícil em toda sua extensão e complexidade.

Com a pandemia, algumas atividades foram realizadas posteriormente ao início do mestrado e foram momentos de solidão e dúvida. Refleti sobre ser capaz, realmente, de realizar tais etapas com tamanha dificuldade de estar presente fisicamente para desenvolvê-las. Agradeço à minha coorientadora Sonia Vasconcelos por todo suporte acadêmico e estrutural nesse período difícil, e por aceitar mais esse desafio sem igual. Posso dizer que o mestrado profissional é uma oportunidade ímpar na vida de qualquer profissional e, principalmente, para quem atua no ensino e pesquisa no Brasil, fazer ciência, atualmente, é para quem ama o que faz, mesmo diante de todos os desafios e empecilhos.

2 INTRODUÇÃO

2.1 Doenças transmitidas por vetores e doenças tropicais negligenciadas:

As doenças transmitidas por vetores são uma das principais causas de morbidade e mortalidade no mundo, sendo consideradas um dos principais problemas globais de saúde pública. Assim, compreende-se como uma doença transmitida por vetores a que não passa diretamente de um indivíduo para outro, ou seja, necessita da participação de artrópodes, sobretudo, os insetos, para a veiculação de parasitas e microrganismos a outros seres vivos (OPAS, 2017, CAMPOS *et al.*, 2018).

As doenças tropicais negligenciadas (DTN) são patologias encontradas em diversos países da Ásia, África, além da América Latina, que possuem as características de estarem presentes, principalmente, em áreas tropicais de países em desenvolvimento e serem pouco exploradas pela comunidade científica. Vinte doenças compõem o grupo de DTNs criado, em 2005, pela Organização Mundial da Saúde (www.who.int/health-topics/neglected-tropical-diseases#tab=tab_1). As DTNs mais comuns no Brasil são: Doença de Chagas, Cisticercose, Dengue, Leishmaniose, Raiva e Esquistossomose (OPAS, 2017, CDC, 2022).

2.2 Doença de Chagas – um breve histórico:

O médico cientista e sanitarista Carlos Ribeiro Justiniano das Chagas foi um pesquisador assistente do Instituto Oswaldo Cruz que, em 1909, participou dos esforços de combate à malária na cidade de Lassance, no interior de Minas Gerais (MG). Nessa época, Carlos Chagas usou como consultório, laboratório e moradia um vagão de trem para atender trabalhadores que trabalhavam na construção dos ramais de estrada de ferro Central do Brasil, que estavam sendo acometidos pela malária (FITARELLI; HORN, 2009). Carlos Chagas ficou conhecido por sua personalidade curiosa científica e sua genialidade, de modo que também examinava animais. Por isso, obteve contato com diversas doenças e com a fauna característica da região, levando ao descobrimento de um flagelado em um mico que chamou de *Trypanosoma minasense* (COSTA *et al.*, 2013).

Figura 1. Carlos Chagas.



Fonte: Instituto Oswaldo Cruz, 2013.

[http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/
sys/start.htm?infoid=3301&sid=32](http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=3301&sid=32)

Após esses estudos, Carlos Chagas constatou outro tipo de tripanossoma, que diferentemente do identificado anteriormente, apresentava um cinetoplasto (estrutura mitocondrial próxima ao núcleo das células) com densidade alta e elevada movimentação no tubo digestivo de insetos denominados de chupões ou barbeiros. Barbeiros são insetos hematófagos muito frequentes em casas da região do interior de MG naquela época (COSTA *et al.*, 2013). Após a descoberta desse novo flagelado, Carlos Chagas despachou amostras desses insetos infectados ao laboratório do pesquisador Oswaldo Cruz, localizado no Rio de Janeiro. A partir deste momento, o pesquisador procurou esse protozoário no sangue de pessoas que moravam em casas infestadas com barbeiros e, ainda no ano de 1909, essa nova espécie foi denominada por Carlos Chagas de *Trypanosoma cruzi*. Sendo assim, ambos os pesquisadores colaboraram para a descoberta de um novo tipo de patologia humana, que em homenagem a Carlos Chagas, ficou conhecida como doença de Chagas ou a tripanossomíase americana (COSTA *et al.*, 2013).

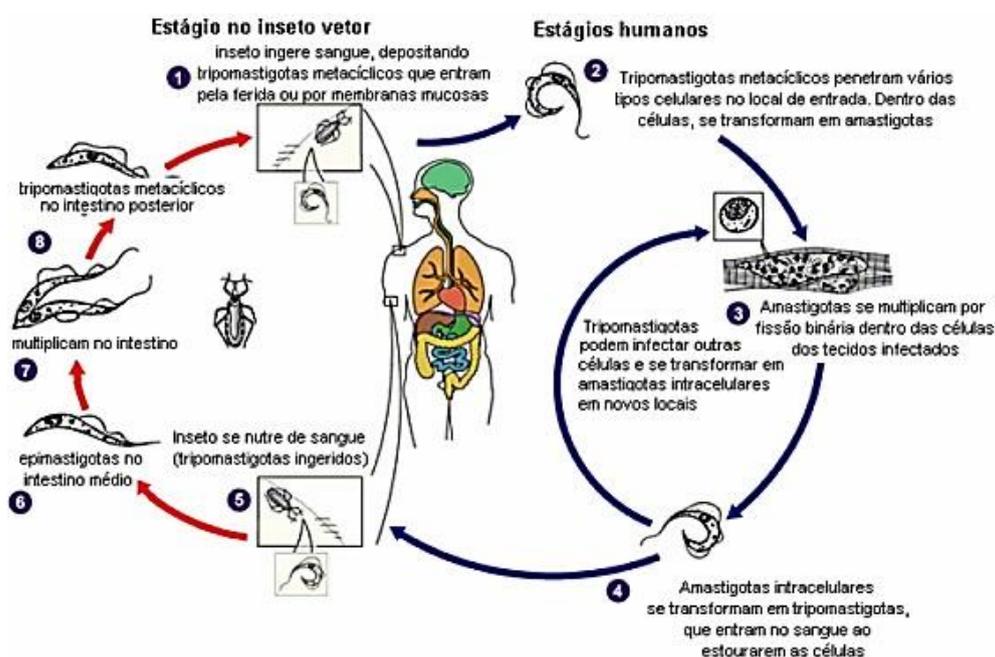
Em 1910, Carlos Chagas foi nomeado membro da Academia Nacional de Medicina e, em 1912, ficou mundialmente conhecido por sua descoberta após o recebimento do prêmio *Schaudinn* (Hamburgo, Alemanha), uma relevante premiação em parasitologia na época da descoberta (COUTINHO *et*

al., 1999).

Hoje sabe-se que a doença de Chagas é causada pelo protozoário flagelado *Trypanosoma cruzi*, que possui capacidade de multiplicação no interior de células e diferentes tecidos de hospedeiros invertebrados e vertebrados. Esse parasita encontra-se, principalmente, nas fezes de hemípteros hematófagos que pertencem à subfamília Triatomínea, popularmente conhecidos no Brasil como barbeiros (STEVERDING, 2014). O *Trypanosoma cruzi* não possui a capacidade de penetração em pele humana intacta, entrando no corpo humano por meio de microlesões que entram em contato com as fezes contaminadas do inseto vetor após a picada. O hospedeiro humano, ao coçar o local da picada cria a porta de entrada para o parasita (STEVERDING, 2014).

A infecção chagásica apresenta duas fases diferentes, denominadas de fase aguda ou inicial e fase assintomática. A fase aguda é sintomática, com o indivíduo apresentando febre, adenomegalia, hepatoesplenomegalia, conjuntivite unilateral (também conhecida como sinal de romanã), miocardite e meningoencefalite. Na fase aguda da infecção, pela corrente sanguínea os tripanossomas se espalham pelo organismo do hospedeiro e se multiplicam, principalmente, dentro dos macrófagos, tendo assim, maior predominância no tecido conjuntivo intersticial, linfonodos, baço, fígado, miocárdio e músculos esqueléticos. A capacidade do parasito de se multiplicar nos tecidos leva, eventualmente, a uma reação inflamatória (COURO, 2003; MONTEIRO *et al.*, 2015). O ciclo de vida completo do *Trypanosoma cruzi* pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Ciclo de vida do *Trypanosoma cruzi*.



Fonte: Adaptado de Castro *et al.*, 2018.

Nesse contexto, muitos grupos de pesquisa dentro e fora do Brasil realizam investigações acerca do ciclo de vida do protozoário causador da doença de Chagas, contribuindo para o entendimento da infecção pelo *Trypanosoma cruzi*, especialmente para o seu ciclo de transmissão (KESSLER *et al.*, 2017).

2.3. Doença de Chagas – um problema de saúde pública.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), há uma estimativa de que aproximadamente 7 milhões de pessoas no mundo estejam infectadas pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*. A doença tem maior prevalência na América Latina, entretanto, por conta dos movimentos populacionais, a doença se espalhou para outros continentes (WHO, 2021). Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), nas américas, onde ocorre a maior parte da transmissão da doença de Chagas, 7 a cada 10 pessoas não sabem que estão contaminadas com a doença, levando à estimativa de 30 mil novos casos a cada ano, com 10 mil óbitos anuais ocasionados pelas complicações clínicas da doença (OPAS, 2021).

A doença de Chagas já teve seu histórico restrito em áreas rurais da

região continental da América Latina. Porém, devido a extensa mobilidade das pessoas nas últimas décadas, esta doença também foi detectada em países como Estados Unidos e Canadá, além de países africanos do Leste do Mediterrâneo e Pacífico ocidental (WHO, 2021). Na América Latina a doença de Chagas é endêmica em 21 países, resultando em um grave problema de saúde pública (CHAO; LEONE; VIGLIANO, 2020).

A principal forma de transmissão da doença é a vetorial através do barbeiro, entretanto, existem outras formas de transmissão como a oral (comida contaminada), transmissão congênita (de mãe para o bebê), além de transfusões sanguíneas, transplantes de órgãos e acidentes laboratoriais (WHO, 2021).

A partir dos anos 1990, relevantes estratégias públicas de controle de vetores e parasitas foram implementadas na América Latina, principalmente nos territórios do Cone Sul e América Central. Essas políticas possibilitaram reduções significativas na transmissão de doenças parasitárias como a doença de Chagas, visto que a população teve maior acesso ao diagnóstico e tratamento (WHO, 2021).

Outro fator associado é o clima. A elevada capacidade de adaptação dos insetos é um dos principais determinantes do desenvolvimento de doenças humanas transmitidas por vetores. As mudanças climáticas podem causar diversos impactos na saúde humana a partir de alterações em ciclos biogeoquímicos e ecossistemas. As doenças infecciosas e parasitárias são especialmente afetadas, visto que estas são influenciadas por fatores ambientais e sociais. O ciclo de vida dos vetores dessas doenças, e seus reservatórios, estão diretamente relacionados com a temperatura, umidade, vegetação, além dos padrões de utilização do solo. Logo, alterações nas mudanças climáticas conferem ação direta na biologia de vetores, para os quais a temperatura do corpo, longevidade e fecundidade podem variar de acordo com a temperatura do ambiente. Sendo assim, as recentes alterações climáticas no planeta podem resultar na extensão de propagação de diversas doenças para locais em que as características ainda não eram propícias (CAMPOS *et al.*, 2018). Variações de 1,5°C no clima selecionam vetores e parasitas que melhor se adaptam aumentando as probabilidades de infecções, o que pode acelerar o ciclo reprodutivo de parasitas, além da digestão do

sangue pelo vetor, provocando assim populações elevadas de formas imaturas com capacidade vetorial (QUEIROZ *et al.*, 2020).

O estudo de estratégias de reprodução de espécies, principalmente de vetores, propicia a identificação de alvos exploráveis para o progresso de metodologias de controle vetoriais. A alimentação por sangue desses insetos vetoriais é necessária para que eles obtenham nutrientes para sua energia e reprodução. Desse modo, as principais estratégias atuais para o controle desses vetores são dependentes, principalmente, de inseticidas e intervenções que atrapalhem a reprodução desses insetos (SHAW *et al.*, 2015). Sendo assim, o estudo da biologia reprodutiva pode desempenhar esse papel de realizar o controle vetorial alternativamente ou, até mesmo, complementarmente à utilização de inseticidas, visto que a busca de metodologias de controle baseadas na reprodução desses insetos vetores são menos prejudiciais à ecologia nativa (SHAW *et al.*, 2015).

2.4 Vetores da doença de Chagas

Globalmente, são conhecidas 148 espécies de triatomíneos (principais vetores da doença de Chagas). Dentre esses, os mais apontados pela literatura são o *Triatoma infestans*, *Rhodnius prolixus*, *Triatoma dimidiata*, *Panstrongylus megistus* e *Triatoma brasiliensis*. No Brasil contabiliza-se cerca de 65 espécies de triatomíneos, sendo os mais relevantes na transmissão domiciliar: *Triatoma infestans*, *Triatoma brasiliensis*, *Triatoma pseudomaculata*, *Triatoma sordida* e *Panstrongylus megistus* (GALVÃO, 2014).

2.4.1 *Rhodnius prolixus*

O *Rhodnius prolixus* é um triatomíneo vetor da doença de Chagas com alta suscetibilidade à infecção pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*. Essa espécie tem sido objeto de investigações acerca da doença de Chagas ao longo dos anos, de modo que tem colaborado para o entendimento de aspectos do metabolismo, endocrinologia e fisiologia do inseto, o qual é de suma importância para que sejam elucidados os aspectos da biologia do *Rhodnius prolixus* (ATELLA *et al.*, 2005, LEYRIA; ORCHARD; LANGE, 2020).

Figura 3. *Rhodnius prolixus*.



Fonte: Adaptado de Nascimento *et al.*, 2020.

2.5 Estratégias atuais de controle de vetores

A alta prevalência de DTNs, como a doença de Chagas, impõe enormes encargos sanitários e financeiros nos países em desenvolvimento. Historicamente, e ainda hoje, os principais métodos eficazes para o manejo dessas doenças dependem do controle populacional do vetor. Embora os esforços iniciais para entender a biologia de vetores específicos tenham resultado em avanços importantes no desenvolvimento de estratégias para o manejo dessas doenças, os estudos sobre a fisiologia de espécies de vetores locais foram enfraquecidos pela expansão do uso de ferramentas baseadas em inseticidas que, à época, se mostraram mais simples e eficazes. Atualmente, a crescente ameaça de resistência a inseticidas e mudanças climáticas (que podem expandir as áreas endêmicas) reenfaticizou a necessidade do estudo sobre a biologia dos vetores específicos para cada doença. Uma importante abordagem para controlar as populações de vetores é interromper os processos metabólicos necessários para produzir ovos viáveis, não permitindo a reprodução dos insetos vetores. Sendo assim estratégias que possibilitem a interferência em populações naturais de insetos vetores continua sendo uma das principais estratégias para o controle de doenças transmitidas por vetores (RAMOS; GOMES, 2022).

O estudo de estratégias de reprodução de espécies, principalmente de vetores, propicia a identificação de alvos exploráveis para progresso de metodologias para o controle da população desses insetos. A alimentação por sangue destes insetos vetoriais é necessária para que se obtenham nutrientes

para sua energia e reprodução. Atualmente, as principais estratégias atuais para o controle destes vetores são dependentes, principalmente, de inseticidas (SHAW *et al.*, 2015).

Diversas universidades e centros de pesquisa de países que sofrem com as NTDs, incluindo o Brasil, direcionam esforços e produzem conhecimento na grande área da biologia reprodutiva de insetos vetores, com o objetivo final de descobrir ferramentas para o desenvolvimento de estratégias de controle da população de vetores. Atualmente no Brasil, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular (<http://www.inctem.bioqmed.ufrj.br/index.php/pt/>) promove diversos projetos de pesquisa na área da entomologia molecular, com extrema qualidade e rigor científico. Dentre os principais objetivos do instituto constam a ampliação do estudo de vetores, tanto no aspecto veterinário quanto humano e vegetal, levando o Brasil à liderança nas pesquisas desenvolvidas sobre o estudo de vetores.

2.6 Microscopia Eletrônica – uma ferramenta com maior poder de resolução

O termo microscópio foi originado do latim denominado *micro* (pequeno) e *skopos* (olhar, visualizar), sendo usado principalmente para observação de pequenas estruturas que não podem ser visualizadas a olho nu. Com o decorrer dos anos, a microscopia foi evoluindo e a utilização de pequenas lentes e/ou lupas foram perdendo espaço para os atuais microscópios compostos que utilizam um conjunto de lentes de vidro para gerar imagens ampliadas de espécimes microscópicas. Mesmo com a imensa evolução de estrutura e estratégias de correções de aberrações decorrentes das leis de óptica geométrica, o microscópio composto convencional possui limitação de resolução das imagens geradas, o que na prática resulta em uma barreira de aumento máximo que imagens podem ser ampliadas. O limite de resolução de um microscópio óptico é matematicamente definido pelo comprimento de onda da fonte de iluminação das amostras. Quanto menor o comprimento de onda, maior é a resolução da imagem gerada (BOZZOLA; RUSSELL, 1999).

Diferentemente da microscopia convencional de luz, que utiliza como fonte de iluminação a luz visível, a microscopia eletrônica baseia-se no

princípio do uso de um feixe de elétrons acelerados como fonte de “iluminação” da amostra. A aceleração dos elétrons do feixe permite a geração de comprimentos de onda bem menores do que os presentes na luz na faixa do visível, resultando na formação de imagens com resoluções bem mais altas do que as obtidas em um microscópio de luz convencional (BOZZOLA; RUSSELL, 1999, GOMES et al 2017).

2.6.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

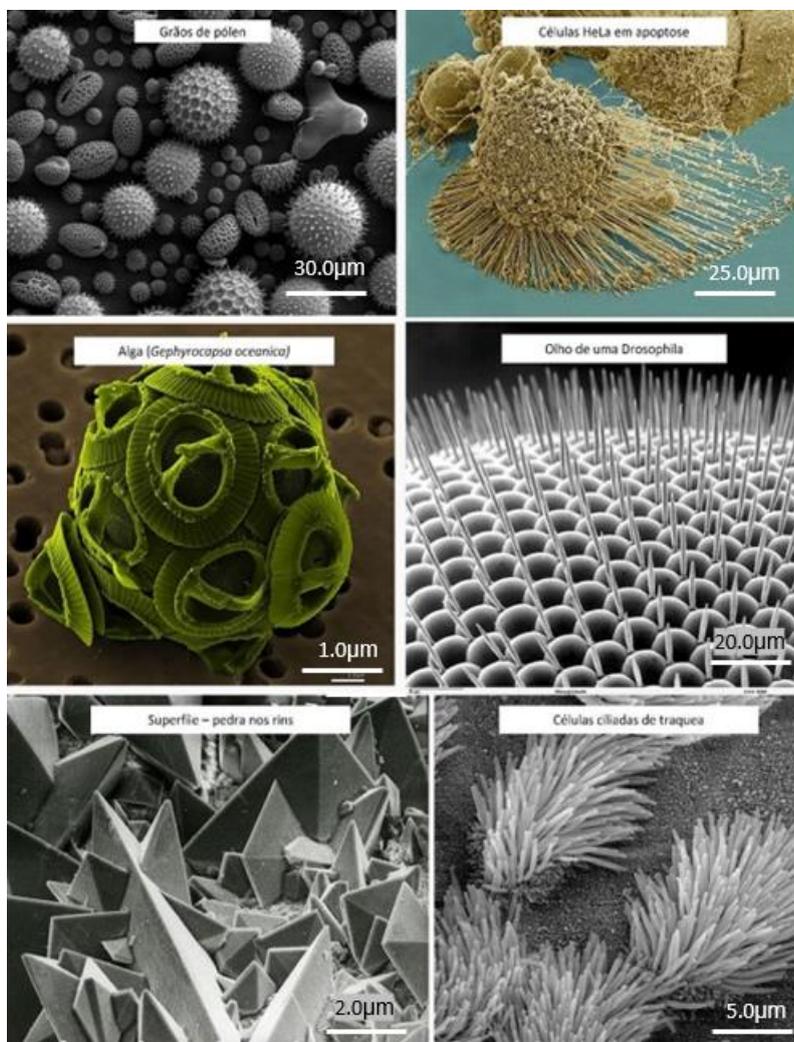
Em 1942, Zworykin e colaboradores construíram o primeiro microscópio eletrônico de varredura com uma resolução de 1 μ m. Subsequentes modificações resultaram em imagens com resolução de 50nm. Com a substituição das lentes eletrostáticas por eletromagnéticas, houve o melhoramento para 25nm. Sendo assim, em 1952, surgiu o Mark I da *Cambridge Scientific Instrument* sendo este o primeiro instrumento MEV comercial (RAMOS, 2013).

Atualmente, o MEV convencional é capaz de gerar imagens da superfície de amostras com até 300x mais aumento do que a microscopia de luz. Para sua utilização, a amostra precisa ser especialmente preparada para resistir ao alto vácuo da câmara e ao bombardeamento de elétrons que fazem o mapeamento da superfície. A amostra deve ser completamente seca, além de ser condutora de eletricidade, com isso o porta amostra é metálico para que a condução da corrente e seu formato seja compatível com o equipamento. Os componentes básicos de um MEV são: coluna composta, canhão eletrônico, detectores, câmara para amostra e sistema de vácuo. Em sua maioria são utilizados filamentos de tungstênio aquecido para geração dos elétrons por emissão termiônica, e uma voltagem de aceleração dos elétrons em uma faixa de operação de 1 a 50kV (GOMES *et al.* 2017). Além disso, em paralelo ao progresso do microscópio eletrônico, o desenvolvimento de computadores, além de softwares e imagens digitalizadas propiciou a facilitação na análise e publicações de resultados através do MEV (RAMOS, 2013).

A MEV é uma das ferramentas mais usadas por pesquisadores das áreas biológicas e de materiais, e é capaz de gerar imagens super aumentadas de superfície microscópicas extremamente informativas e, muitas vezes, plasticamente bonitas e fascinantes aos olhos dos observadores,

especialmente os não acostumados a observar o mundo microscópico (ver exemplos, Figura 4).

Figura 4. Exemplos de imagens de MEV.



Fonte: <https://www.iflscience.com/some-spectacular-sem-images-microscopic-world-24675>.

3 JUSTIFICATIVA

A utilização da MEV no estudo de insetos vetores é bastante comum na literatura acadêmica, especialmente na detecção de características morfológicas ultraestruturais que são utilizadas para a correta identificação das diferentes espécies (NASCIMENTO *et al.*, 2006, MALLETT *et al.*, 2008, SANTANA, 2011, ADHAM; MEHLHORN; YAMANY, 2013, MARIALVA *et al.*, 2020). Estudos como o de Garcia e colaboradores (2021) realizaram análises morfológicas do tórax e abdome, por MEV, na espécie *Triatoma sordida*, um tipo de triatomíneo também causador da doença de Chagas, onde os autores puderam visualizar características morfológicas de estruturas reprodutivas específicas desta espécie. Outro estudo relacionado à biologia reprodutiva dos triatomíneos, o de Téllez e colaboradores (2019), investigou a morfologia genital e o comportamento copulatório em triatomíneos através da MEV, e pôde concluir que a investigação do processo reprodutivo por meio da MEV pode fornecer dados para aplicação no controle da doença de Chagas.

Além de ser uma técnica extremamente útil para a pesquisa, como exemplificado acima, as imagens geradas por MEV tendem a ilustrar uma visão plasticamente bonita de estruturas biológicas, com uma enorme e fascinante riqueza de detalhes de superfícies tridimensionais microscópicas.

Sendo assim, nesse trabalho nós fizemos uma revisão narrativa acerca do tema “uso de MEV em divulgação científica” e geramos imagens em MEV das estruturas reprodutivas do inseto vetor da doença de Chagas *R. Prolixus*, compiladas em um e-booklet com informações sobre a importância da pesquisa sobre biologia reprodutiva no Brasil. Nossa proposta é que a utilização de imagens feitas em MEV da biologia reprodutiva de um inseto vetor em um e-booklet pode estimular a curiosidade e o interesse do público sobre a doença de Chagas e, de forma mais ampla, em pesquisas feitas em nossas Universidades.

4 OBJETIVO GERAL

Explorar o uso de imagens feitas em MEV da morfologia do vetor *R. prolixus* como ferramenta para divulgar e ilustrar a importância da pesquisa sobre biologia reprodutiva de insetos vetores no Brasil.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma revisão narrativa sobre o uso de MEV em iniciativas de divulgação científica e ensino de ciências no Brasil.
- Gerar imagens das principais estruturas reprodutivas do inseto vetor *Rhodnius prolixus* através de MEV.
- Desenvolver um e-booklet com as imagens geradas e adicionar informações sobre a importância da pesquisa sobre aspectos reprodutivos de insetos vetores de DTNs no Brasil.

5 METODOLOGIA

5.1 Revisão narrativa

5.1.1 Nota Introdutória

Nielsen e colaboradores (2017) definem a revisão narrativa como um objeto que visa estudar um fenômeno de maneira mais aprofundada, todavia, não se utiliza técnicas quantitativas, visto que o foco principal é descrever características sobre o fenômeno estudado.

De acordo com Gil (2018), a pesquisa bibliográfica é baseada em material já elaborado, sendo assim, o objetivo foi elaborar o referencial teórico e levantar informações importantes sobre o tema do estudo. A pesquisa de modo qualitativo provém de acontecimentos não quantificáveis, de modo que possibilita a análise e investigação das mais variadas formas de temas relacionados a crenças, significados, motivos além da pesquisa, o qual busca o entendimento associado à subjetividade da problemática da pesquisa (MINAYO, 2012).

5.1.2 Coleta e *screening* da revisão narrativa



Assim, o fluxograma acima demonstra de que forma se deu a coleta de dados para a revisão narrativa deste trabalho. Para obter um panorama geral sobre o uso de imagens de MEV em iniciativas de divulgação e ensino em ciências no Brasil, utilizamos a plataforma *Google Scholar* para fazer uma busca de trabalhos publicados, usando as combinações de descritores listadas abaixo. As buscas foram realizadas em 10/06/2022, levando em conta a comparação e combinação dos termos através de operadores booleanos (AND) e foram ajustadas para buscar os descritores em toda a extensão dos artigos, sem recorte de datas. Em um primeiro momento, encontrou-se, a partir da busca com os descritores mencionados, 656 documentos. Desses, excluíram-se 646, que não abordavam diretamente a relação entre divulgação científica e microscopia eletrônica de varredura. Foram selecionadas 10 publicações submetidas à análise completa do conteúdo.

5.2 Dissecção dos insetos

Durante o período de setembro de 2020 a dezembro de 2020 foram realizadas dissecções das fêmeas da espécie *Rhodnius prolixus* no Laboratório de Bioquímica de Insetos da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Neste período foram coletadas as estruturas reprodutivas necessárias para a obtenção das imagens. As amostras foram dissecadas no Laboratório de Bioquímica de Insetos do IBqM/UFRJ, no período de outubro de 2020 até março de 2021, a partir de insetos (fêmeas) obtidos da colônia de *R. prolixus* mantida no IBqM. A dissecção foi feita de acordo com as orientações descritas em Bjornsson e Huebner (2004).

5.3 Preparo e aquisição das imagens de MEV

As amostras foram fixadas e processadas em procedimento de rotina para preparo de amostras biológicas para MEV, como já descrito em Bomfim, Vieira, Fonseca e Ramos (2017). Em resumo, as estruturas foram fixadas por imersão em 4% de paraformaldeído e 2.5% de glutaraldeído em tampão cacodilato de sódio 0.1M pH 7.2, pós-fixadas em 1% de tetróxido de ósmio, desidratadas em diluições crescentes de acetona, secadas ao ponto crítico, e montadas em *stubs* (suportes) para MEV, antes de serem recobertas por uma

camada manométrica de ouro. Todo esse procedimento foi feito na Plataforma multiusuário Unidade de Microscopia Multiusuário Padrón-Lins (UniMicro), na UFRJ. As imagens foram obtidas na Plataforma Multiusuário de Microscopia Avançada do CENABIO-UFRJ, no microscópio de Varredura FEI Quanta 250, operando a 15kV.

Figura 5. Amostras nos suportes apropriados (*stubs*) após a metalização com ouro. **A.** Amostras vistas de cima. **B.** Visão lateral do suporte (*stub*) utilizado.

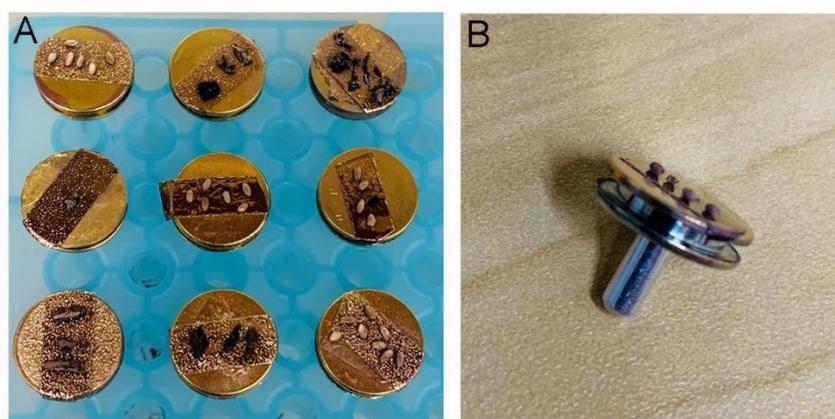


Figura 6 – Análise das estruturas do *Rhodnius prolixus* no microscópio FEI QUANTA 250 no CENABIO UFRJ. **A.** Registro do momento da aquisição das imagens no microscópio em 13/05/2021. **B.** Detalhe da câmara do microscópio em que o estágio das amostras é montado.



5.4 Elaboração do e-booklet

O e-booklet foi elaborado de forma colaborativa. Como organizadores estão o autor deste TCM e as orientadoras. Como consultores colaboradores, contou-se com a participação dos professores Fabio Gomes, do Instituto de

Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF), da UFRJ; Gabriela Oliveira, do Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis (IBqM), da UFRJ; e Marcelo Rocha, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ) Na ilustração da capa contamos com a colaboração do ilustrador Renan Alves e no projeto gráfico e diagramação, Fábio Alencar.

5.5 Parecer de especialistas sobre o e-booklet

A primeira versão do e-booklet foi submetida à avaliação de três especialistas nas áreas de 1) MEV, Dr. Fabio Gomes (IBCCF-UFRJ); 2) Biologia de insetos vetores, Dra. Gabriela Paiva e Silva (IBqM-UFRJ); e 3) Divulgação científica, Dr. Marcelo Rocha (CEFET-RJ). Os pareceres foram obtidos através de uma consulta por e-mail. Os pareceres, cujas críticas e sugestões foram consideradas para apresentar a versão de avaliação do TCM aos membros da banca avaliadora, estão indicados na Seção Resultados e Discussão.

6 RESULTADOS

6.1 Resultados quantitativos da revisão narrativa da literatura sobre uso de MEV em divulgação científica no Brasil

Revisões narrativas são metodologias não sistematizadas que tem por finalidade buscar atualizações de um assunto específico em um curto período. Este tipo de metodologia possui utilidade na descrição do estado da arte de uma temática, além do seu ponto de vista contextual e teórico (CASARIN *et al.*, 2010).

A Tabela 1 lista o quantitativo de resultados para as buscas com a combinação de descritores “Microscopia eletrônica de varredura” e “divulgação científica”.

Tabela 1. Resumo dos resultados da busca de descritores no *Google Scholar* e *printscreens* da tela de busca realizada no dia 10/06/2022.

Descritores	Número de artigos
Microscopia eletrônica de varredura + divulgação científica	656



Encontramos 656 artigos listados com a combinação de descritores (Microscopia eletrônica de varredura + divulgação científica). Em seguida, realizamos uma análise sistemática dos títulos e resumos dos artigos encontrados na busca. Após a aplicação dos critérios de inclusão - foco em divulgação científica utilizando MEV, chegou-se ao número final de 10 publicações que atenderam às exigências desta pesquisa. Um pequeno resumo com as informações destas 10 publicações se encontra no quadro abaixo (Quadro 1).

Quadro 1. Informações gerais sobre as 10 publicações selecionadas ao final das etapas da revisão narrativa

Trabalhos selecionados na revisão narrativa			
Título	Tipo/ Resumo (recorte textual dos trabalhos)	Fonte/ Detalhes	Autores e Ano de Publicação
Os fungos na escola: análise dos conteúdos de micologia em livros didáticos do ensino fundamental de Florianópolis	O estudo analisa criticamente os conteúdos de Micologia de livros didáticos utilizados nas dez maiores escolas básicas municipais de Florianópolis. Foram analisadas, ao total, cinco diferentes obras de 6ª a 9ª série, listadas no Guia Nacional do Livro Didático. O presente trabalho pode servir de auxílio ao professor na análise de conteúdos, uma vez que os critérios propostos podem adequar-se a outros componentes curriculares presentes em livros didáticos de ciências naturais.	Trabalho de conclusão de curso / UFSC; 2009	Rosa 2009
Alisamento capilar: o uso da microscopia eletrônica de varredura no ensino de ciências.	A ação mediada no ensino de Ciências/Química com auxílio de Objetos Virtuais de Aprendizagem, como a Microscopia Eletrônica de Varredura, pode auxiliar na transformação das práticas pedagógicas, ainda muito convencionais nas escolas, uma vez que o foco não está nas técnicas de ensino, mas na relação da Ciência com os sujeitos sociais reforçando a importância da abordagem de seus contextos, possibilitando também uma formação crítico reflexiva a partir da compreensão de dados fornecidos por técnicas que não são comuns no ensino escolar.	In book: Saberes e vivências em Ciências da Natureza no Ensino Médio (pp.126-151) Publisher: Kelps	Lima et al., 2020
Os anéis e os vampiros das árvores: uma trajetória de estudos de anéis de crescimento de árvores e	O presente estudo é um livro paradidático voltado para o público infanto-juvenil, assim como para o ensino médio e fundamental. Este livro relata a importância da abordagem de plantas parasitas, das quais são bastantes desconhecidas, logo o livro está relacionado para a correção acerca dessa problemática e demonstrar sobre a diversidade dessas plantas no Brasil, além das relações ecológicas.	Caderno elaborado para livre docência / USP; 2018	Ceccantini 2018

plantas parasitas			
Coleção de atividades didático-pedagógicas em microscopia: relações de tamanho	Trata-se de um material preparado e dedicado às crianças especificamente dos anos iniciais do ensino fundamental da educação básica, dos quais foram realizadas através do Programa de Grupo de Estudos em Microscopia. Assim, o principal objetivo foi apresentar possibilidades de práticas pedagógicas e investigativas para a contribuição de professores em sala de aula.	Manual de microscopia ISBN 978-85-8263-199-7; 2017	Dutra 2017
Arte sob o microscópio :imagens para recordar	O presente estudo trata-se de uma exposição de imagens de Microscopia Eletrônica, o qual possibilitou que várias imagens fossem novamente apresentadas com um grande alcance de público, transpondo as distâncias físicas. Esta é uma amostra da diversidade de fotos obtidas pelas incríveis lentes dos microscópios com “pitadas” de inspiração artística dos seus autores.	E-book – Universidad e Federal do Ceará; 2020	Carmona; Siqueira; Filho 2020
Investigando a vida das plantas	Este Ebook tem como principal objetivo estimular, atrair a atenção e ser representativa do cotidiano dos alunos do ensino médio, que frequentaram os primeiros cursos de férias “Investigando a vida das plantas” estimulando a sua reprodução com adaptações através de atividades.	E-book IB/UNESP .2016.95p. 1ª Edição	Carmen et al., 2016
Nanoarte: ciência e tecnologia dos materiais	Este trabalho evidencia a parceria e a interlocução entre as áreas de engenharia de materiais, design e comunicação social que foram possíveis por meio da colaboração entre o Centro Universitário Teresa D’Ávila (Unifatea) e a Escola de engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP), no Departamento de Materiais. Com isso contribui com a popularização da nanociência e da nanotecnologia e ajuda na evolução das pesquisas relacionadas às áreas envolvidas. As micrografias obtidas via MEV assemelham-se a imagens do nosso cotidiano, ou até mesmo a paisagens encontradas na natureza, abrindo, dessa forma, espaço para reflexões acerca da vida e da ciência.	Revista Univille– Programa de Pós-graduação	Barbosa et al., 2019

<p>A perspectiva educativa nos laboratórios de pesquisa: um diálogo entre a escola básica e a universidade</p>	<p>O presente estudo discutiu desafios e potencialidades associados às visitas aos laboratórios de pesquisa. Em especial, investigamos como atividades propostas por docentes da escola básica e ações de divulgação de cientistas, quando complementares, podem promover reflexões sobre o saber e o fazer científico. Para tanto, são trabalhados aspectos quantitativos e qualitativos associados às respostas e produções de alunos participantes de atividades de divulgação científica realizadas em um laboratório de nanotecnologia, articuladas a ações que ocorreram no contexto formal de educação. Logo, o estudo conclui que é preciso aumentar a frequência de atividades que promovam discussões sobre a produção e apropriação do conhecimento científico e tecnológico, sempre na perspectiva de articular escola básica e universidade, reconhecendo que ambas são responsáveis pela formação de cidadãos.</p>	<p>Caderno Brasileiro de Ensino de Física v. 38 n. 1 (2021)</p>	<p>Rodrigues et al., 2021</p>
<p>O Admirável Mundo Nano: Nanociência e Nanotecnologia</p>	<p>O principal objetivo consiste em abordar a nanotecnologia, o qual está revolucionando o século XX e XXI. Assim, explica que o mundo nano é surpreendente, e a cada dia a natureza nos surpreende com as suas estruturas auto-organizadas a partir de minúsculas partículas ou blocos de construção. Logo, o desafio consiste na capacidade de desestruturar os materiais auto-organizados até os seus blocos básicos, no caso das argilas, as placas, e no caso do grafite, chegamos até aos grafenos. Sendo assim precisa-se aprender a construir estruturas manipulando os átomos e as moléculas</p>	<p>Revista SLT Caucho, Porto Alegre; 2014</p>	<p>Jacobi 2014</p>
<p>Uma entrevista com Dawid Surmik: pesquisa e ensino da Paleontologia Molecular</p>	<p>Esta entrevista foi realizada com o tafonomista molecular polonês Dawid Surmik, um dos maiores especialistas da atualidade em Paleontologia Molecular. Surmik nos conta sobre os desafios que despertaram seu interesse em estudar a Paleobiologia dos tetrápodes marinhos e terrestres do Mesozóico através da aplicação de técnicas inovadoras de detecção de biomoléculas antigas. Na primeira parte da entrevista, Surmik explica o que é a Paleontologia Molecular, os objetos de estudo, a importância da pesquisa paleomolecular e as principais técnicas utilizadas em suas investigações. Na segunda</p>	<p>Revista (edição online) Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza 2021/ UFCG</p>	<p>Alves 2021</p>

	<p>parte da entrevista, Sumik apresenta como a Paleontologia Molecular pode ser ensinada para níveis básicos de ensino, como no caso do ensino fundamental e médio, e para o ensino superior na graduação em Ciências Biológicas.</p>		
--	---	--	--

A leitura dos artigos nos permitiu observar diferentes iniciativas de divulgação científica a partir do olhar da nanociência e nanotecnologia. Tais iniciativas são de extrema importância, pois além de aproximar o *fazer ciência* com o *ensinar ciências* nas escolas de educação básica, seja através de visitas a laboratórios de pesquisas (RODRIGUES *et al.*, 2021) ou a partir do olhar artístico para a ciência (CARMONA; SIQUEIRA; SOUZA FILHO, 2020; BARBOSA *et al.*, 2019), permitiram uma reflexão sobre a relação da vida com pesquisas e conhecimentos científicos.

Tais artigos trouxeram uma grande variedade de temas e formas de divulgação científica, desde o olhar para o passado, através do estudo da Paleontologia molecular (ALVES, 2021), conhecer a diversidade de plantas parasitas e de relações ecológicas entre os seres vivos em nosso país (CECCANTINI, 2018), olhar o mundo através de lentes microscópicas, literalmente (JACOBI, 2014), perceber a relação desse mundo micro com o nosso cotidiano, como por exemplo no caso do alisamento capilar (LIMA *et al.*, 2020), e ainda oferecer auxílio aos professores de educação básica, permitindo que estes tragam para a sala de aula práticas investigativas e técnicas científicas não tão comuns nas escolas, como é o caso da MEV, abordado por Dutra (2017) e Rosa (2009).

Assim, o trabalho de Rosa (2009) aponta para uma crítica dos conteúdos de Micologia que aparecem nos livros didáticos que são utilizados nas dez maiores escolas de Florianópolis. A autora percebeu a existência de vários erros em cada uma das cinco coleções utilizadas, o que indica a necessidade de se promover uma reformulação destas obras.

Já o trabalho de Lima e colaboradores (2019) apresenta, por meio de uma experiência prática, de que forma a utilização de imagens do microscópio eletrônico de varredura pode auxiliar no processo de aprendizagem de ciências pelos educandos. O trabalho destas autoras também aponta para a importância de se mostrar aos alunos os efeitos da exposição do fios de cabelo aos produtos alisantes e os riscos que estes trazem à saúde do consumidor.

A pesquisa de Ceccantini (2018), voltada ao público infanto-juvenil, é uma obra paradidática cujo propósito é o da divulgação de informações a respeito de plantas parasitas de origem brasileira e/ou estrangeira.

Quanto ao material de Dutra (2017), pode-se dizer que se trata de um texto preparado para o público infantil dos Anos Iniciais, elaborado pelo Grupo de Estudos em Microscopia (GEM), do Instituto Federal de Educação em Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. A temática que perpassa o material é o da divulgação da microscopia, sua história e posterior utilização pelos cientistas.

O trabalho de Carmona e Siqueira Filho (2020) parte de uma exposição de fotografias feitas a partir de microscópios. O sucesso de uma primeira exposição, restrita ao público de cientistas, fez com que as imagens alcançassem grande sucesso por meio de outras exposições voltadas ao grande público.

Já o e-book de Carmen e *colaboradores* (2016) é um texto de divulgação para alunos do Ensino Médio de informações básicas sobre as plantas. O e-book apresenta, ainda, uma série de imagens importantes e sugestões de atividades que facilitem, para os educandos, a aprendizagem do componente curricular da Biologia.

Barbosa e *colaboradores* (2019) apresentam uma série de micrografias, isto é, imagens capturadas a partir do uso da tecnologia do MEV que, em alguma medida, representam paisagens ou cenas do cotidiano das pessoas, de forma a promover uma reflexão sobre os propósitos da vida e da relação do ser humano com a natureza.

Rodrigues e *colaboradores* (2021) destacam a necessidade de se promover, entre os educandos, um debate sobre a formação do conhecimento científico. Deve-se, a partir daqui, discutir com os mesmos o postulado de que a ciência não é “neutra”. Que, pelo contrário, o conhecimento científico é fruto de formações históricas, sociais e políticas e, portanto, é muito mais complexo do que se costuma apresentar.

Jacobi (2014), por seu turno, apresenta as contribuições da nanotecnologia e da nanociência para evolução do conhecimento científico. A autora, em um primeiro momento, faz um resgate histórico pontuando uma série de marcos cronológicos sobre o desenvolvimento da nanotecnologia para, então, apresentar uma série de curiosidades sobre o mundo que só vieram à tona com as contribuições da nanociência.

Já Alvez (2021) faz uma entrevista com o tafonomista molecular polonês

Dawid Surmik, uma das figuras mais importantes no que diz respeito à Paleontologia Molecular. Em um primeiro momento, o grande cientista apresenta alguns dos desafios que encontrou quanto à pesquisa de biomoléculas antigas e de que forma perseverou neste campo de estudos. O entrevistado, ainda, destaca as principais características da Paleontologia Molecular e de que forma pode-se ensiná-la para crianças ou adolescentes.

Tais trabalhos e publicações analisadas, descrevem em formatos variados, produtos educacionais ou publicações que abordam a divulgação científica e microscopia eletrônica de varredura em seu texto, mas em tese não foi encontrada nenhuma publicação semelhante a este trabalho para servir como parâmetro ou base para elaboração deste TCM.

6.1.2. Sobre a escolha da base de dados *Google Scholar*

Dados recentes da literatura trazem evidências sistemáticas e consistentes de que o *Google Scholar* supera as plataformas *Web of Science*, *PubMed* e *Scopus* em termos de cobertura temática, visto que estas são direcionadas a áreas específicas da ciência, e o *Google Scholar* é mais abrangente cobrindo artigos científicos, incluindo livros, teses e *conference proceedings*, além de outros documentos (HADDAWAY, 2015). Fálagas e colaboradores apontam ainda que em comparação direta com cada uma dessas bases de publicações, o *Google Scholar* apresenta uma sobreposição de mais de 90% das publicações altamente citadas em cada uma dessas bases de maneira aberta (FALAGAS *et al.*, 2008, MARTÍN-MARTÍN *et al.*, 2018). Dessa forma, entendendo que atividades de divulgação científica abrangem diversas áreas e podem ser publicadas de diferentes formas, consideramos o *Google Scholar* a ferramenta ideal para essa revisão narrativa. Nessa perspectiva, pelo número limitado de publicações voltadas a utilização de MEV no Brasil, justifica-se principalmente a iniciativa deste estudo.

6.2 Elaboração do e-booklet

O e-booklet conta com uma nota introdutória sobre as doenças tropicais negligenciadas e 12 imagens feitas em MEV de alta resolução. Na nota introdutória foi realizada a apresentação do material com uma breve discussão

sobre a temática abordada visando chamar a atenção do leitor para a importância da doença de Chagas na saúde pública de regiões endêmicas.

O *e-booklet* é composto de 30 páginas e sua organização inclui uma capa, incluindo o título “A biologia reprodutiva do inseto vetor da Doença de Chagas vista por microscopia eletrônica de varredura”, e um expediente incluindo as informações da publicação (páginas 1-2).

A seguir apresentamos uma nota introdutória a respeito das DTNs que afetam boa parte das populações mais vulneráveis dos países em desenvolvimento, e uma introdução mais específica sobre a doença de Chagas e seu vetor *R. prolixus* (páginas 3-4).

A seção seguinte inclui um convite ao leitor a contemplar as imagens das estruturas reprodutivas de *R. prolixus* feitas em MEV (página 5), onde pretendemos introduzir o leitor ao objetivo principal do *e-booklet*. Esse convite é seguido de uma breve explicação da técnica de MEV, incluindo um texto introdutório, um esquema do sistema de MEV e uma foto do microscópio que foi utilizado nesse trabalho (páginas 6-7). Em seguida apresentamos imagens dos ovários, testículos, ovos e espermatozoides do inseto *R. prolixus* observados em uma lupa típica, e um breve texto descrevendo suas morfologias com o objetivo de familiarizar o leitor com as estruturas que serão observadas em MEV (páginas 8-10).

A partir dessa introdução uma sequência de imagens das estruturas morfológicas e reprodutivas vistas em MEV, com ampliações que variam de 1000x a 8000x o seu tamanho original, e suas respectivas descrições, são apresentadas das páginas 11 a 27. Em seguida, um texto resumindo a importância da pesquisa sobre biologia molecular e celular da reprodução de vetores é apresentado, buscando chamar a atenção do leitor sobre esse aspecto importante da ciência brasileira (página 28). Por fim, incluímos uma lista das referências bibliográficas utilizadas na elaboração do *e-booklet* (páginas 29-30).

* De acordo com a NBR 6029 (Informação e documentação - livros e folhetos), a definição de e-book ou livro é toda a publicação não periódica que contém acima de 49 páginas, excluídas as capas, e que é objeto de Número Internacional Normalizado para Livro (ISBN). O *e-booklet* ou livreto é uma publicação não periódica que contém no mínimo cinco e no máximo 49 páginas, excluídas as capas e que é objeto de Número Internacional Normalizado para Livro (ISBN).

6.3 Apreciação da concepção e conteúdo do *e-booklet* pelos consultores colaboradores

A seguir apresentamos em uma tabela os resultados da avaliação dos professores consultores colaboradores sobre o conteúdo do *e-booklet*, com as respectivas considerações feitas na coluna que indica resposta ao parecer.

Prof. Fabio Gomes – especialista em MEV
<p>Sugiro repensar a formatação centralizada, o tamanho da fonte e as margens muito comprimidas Resposta: A formatação será atualizada pelo designer gráfico.</p>
<p><u>Página 3</u> “Segundo a Organização Mundial da Saúde, estima-se que 6 a 7 milhões de pessoas em todo o mundo, principalmente na América Latina, estejam infectadas pelo <i>Trypanosoma cruzi</i>, o parasita causador da doença de Chagas.” Ano da afirmação da OMS? Resposta: Adicionado, 2022.</p> <p>“ (...) principal via de transmissão deste parasita para humanos ocorre através de algumas espécies de triatomíneos, que podem carregar o parasita e atuar como vetores da doença” Carregar é um termo usado para vetores mecânicos Resposta: O termo “carregar” foi substituído por “transmitir”.</p> <p>“Muitos projetos de pesquisa se concentram no entendimento dos mecanismos moleculares essenciais que controlam a produção dos ovos em insetos vetores, com o objetivo de determinar como esses mecanismos podem ser explorados para o manejo do seu controle populacional”. Essa frase central logo na primeira página vai na direção oposta da importância das técnicas de biologia celular e de microscopia. Talvez seja importante encaixar o papel da microscopia nessa história. Resposta: Adicionamos “...mecanismos moleculares e celulares...” para trazer a importância das técnicas de microscopia ao processo de geração de conhecimento.</p>
<p><u>Página 5</u> O mecanismo de MEV pode ser melhor trabalhado, preferencialmente a partir de esquemas de funcionamento. Não tenho certeza que a explicação dada seja de fácil assimilação para o público-alvo. Resposta: As imagens do MEV foram substituídas por um esquema mais didático.</p>
<p><u>Página 6</u> Sugiro obter imagens atualizadas e de melhor resolução. Resposta: As imagens do MEV foram substituídas.</p>
<p><u>Página 9</u> Corrigir espermatozoide</p>

“O ovário produz os ovócitos maduros e o testículo produz os espermatozoides.”. Ele também produz os ovócitos imaturos.

“Porém, a morfologia dos ovos e espermatozoides varia enormemente entre as espécies de insetos.” Isso não vai ser trabalhado. A frase pode ser mantida, mas seguida de alguma especificação do que vamos ver em triatomíneos.

Resposta: Corrigido. A frase “O ovário produz os ovócitos e o testículo produz os espermatozoides. Porém, a morfologia dos ovos e espermatozoides varia enormemente entre as espécies de insetos. Neste e-booklet, observaremos aspectos da ultraestrutura de ovócitos, espermatozoides e embriões da espécie *Rhodnius prolixus*”.

Página 10

Qual a função da seta que aparece nessa e outras páginas?

Resposta: Indicar o *swipe-down* das páginas do e-booklet. Reavaliemos, e resolvemos retirar as setas.

Página 12

“No ovário do tipo meroístico telotrófico, (...)” Isso surgiu do nada. Contextualizar as diferentes etapas de formação dos ovócitos com a imagem da página 11

Resposta: Para maior clareza, retiramos essa informação. Seguimos apenas com a descrição do que é o ovário, sem mencionar os diferentes tipos de ovário.

Página 14

“Observe o rasgo na bainha externa expondo os espermatozoides dentro da estrutura tubular do folículo.” - Sugiro explicitar que esse rasgo é artificial. Idem na página 18

Resposta: Corrigido. Explicitamos que o rasgo foi feito com a pinça de dissecação.

“Os insetos exibem uma diversidade aparentemente infinita na morfologia dos espermatozoides.” Apresentar que a forma é específica de cada espécie.

Resposta: Adicionamos “...entre as diferentes espécies...” no texto.

Direta e Esquerda não são os melhores direcionamento para a imagem anterior.

Resposta: Corrigido.

Página 16

Corrigir espermatozoides

Observe as diferenças de tamanho entre os gametas masculinos e femininos. – Apontar

Resposta: Adicionamos setas aos espermatozoides e indicamos no texto que eles estão sobrepostos à casca do ovo.

Página 22

“**” Remover

Resposta: Removido.

Página 26

Corrigir estágio

Resposta: Corrigido.

“Notar os olhos compostos”. Explicar

Resposta: Adicionamos uma breve explicação: “...Notar os olhos compostos (órgãos visuais constituído por unidades visuais independentes chamadas de omatídeos) e...”.

“Ao encontrar um hospedeiro infectado um novo ciclo de transmissão da doença de Chagas se iniciará.” Não basta o encontro. Pode explicar que é diferente do mosquito porque a transmissão acontece nas formas juvenis e adulto macho e fêmea.

Resposta: adicionamos: “...e conseguir se alimentar...”.

Página 27

“direcionam esforços e produzem conhecimento na grande área da biologia molecular de insetos vetores com o objetivo final de descobrir ferramentas para o desenvolvimento de estratégias de controle da população destes insetos.” Qual a importância da microscopia?

Resposta: Aqui entendemos que a importância da microscopia não precisa ser reforçada já que o objetivo é chamar a atenção para qualquer tipo de pesquisa com insetos vetores.

Prof. Gabriela Paiva e Silva – especialista em biologia molecular de insetos vetores

Página 3: Acho que poderia ter uma frase explicando porque a escolha em estudar a produção de ovos já que há outros métodos de controle de populações. Talvez mencionar que parte do sucesso dos insetos de uma forma geral, incluindo os vetores está no fato de possuírem uma eficiente produção de ovos.

Resposta: Adicionado.

Página 4: “estruturas reprodutivas da biologia reprodutiva”. Acredito que poderiam definir de outra forma o que chamam de “estruturas reprodutivas”. Porque há diferentes componentes: tecidos/órgãos, células, organismo inteiro (embrião/ninfa).

Resposta: Deixamos apenas “...estruturas da biologia reprodutiva...”.

Página 4: Trocar “...” por “.”

Resposta: Feito.

Página 5: acho que uma figura ilustrativa de como a imagem da amostra é formada ajudaria no entendimento da explicação encontrada no texto. Sem as imagens, o texto fica árduo e incompreensível para quem não está familiarizado com a técnica.

Resposta: Feito.

Página 6: os componentes do microscópio poderiam ser indicados com setas (

ou similares) na própria imagem contida nesta página. Sem uma indicação, a figura fica meio sem sentido. Também colocaria uma legenda tipo A e B para as duas figuras.

Resposta: Feito. A figura foi alterada para uma mais didática indicando os componentes do microscópio.

Páginas 7 e 9: Acho que as imagens merecem uma barra de escala.

Resposta: Adicionadas.

Página 9: espermatozoide tem acento.

Resposta: Corrigido.

Página 9: No texto você menciona ovócitos maduros e ovos. Para um leigo a diferença entre os dois termos não está claro. E isso poderia estar mais explícito na parte anterior (pág 8, onde fala de ovócitos e ovos maduros. (ovos são ovócitos postos? Ou corionados ainda não postos? Como vocês definem?).

Resposta: Adicionamos na página 8: "...Um ovo maduro é um ovócito que completou seu desenvolvimento nos ovários e está pronto para ser fertilizado."

Página 11: Indicaria na imagem, o que são trofário, ovócito pre-vitelogênico e vitelogênico, que vocês definem em seguida.

Resposta: Indicado.

Página 14: Acho que direita/esquerda não funciona. Seria mais informativo indicar na figura. Não consigo identificar com clareza o "rasgo" que é mencionado. O espermatozoide está na mesma escala que a região do testículo?

Resposta: Indicamos na figura. Ajustamos para a mesma escala.

Página 16: o termo "deposição da casca" não é obvio para um leigo. Não seria possível trocar por "formação da casca" ou similar? Eu também indicaria o opérculo na figura da página 15.

Resposta: Trocamos para "formação da casca" e apontamos um opérculo.

Página 18: Espermatozoide tem acento.

Resposta: Corrigido.

Página 20: mencionaria os diferentes tamanhos dos grânulos.

Resposta: Adicionamos os diferentes tamanhos.

Página 20: "energia e nutrientes para SEU desenvolvimento, que acontece".

Resposta: Corrigido.

Página 22: " de organelas DE vitelo..."

Resposta: Corrigido.

Página 22: A identificação do par de antenas e lábio na figura é importante. Outra coisa, o que chamam de lábio? O mesmo na figura da página 23.

Resposta: Identificado. Lábio uma das peças bucais com função tátil.

Página 26: estágio tem acento.

Resposta: Corrigido.

Página 26: A frase final pode ser melhorada. O novo ciclo não começa exatamente quando o vetor encontra seu hospedeiro e sim quando se alimenta dele e elimina o parasita nas fezes.

Resposta: adicionamos a alimentação e eliminação do parasita nas fezes.

Página 27: Porque o texto da página 27 está no final? Deixaria para o final somente o último parágrafo sobre o INCT.

Resposta: Concordamos, feito.

Prof. Marcelo Rocha – especialista em divulgação científica

A imagem do microscópio de varredura poderia melhorar a qualidade.

Resposta: As imagens do MEV foram substituídas por um esquema com mais clareza e com os componentes indicados. De acordo com os pareceres, entendemos que apenas uma imagem anterior não seria suficiente para ilustrar a técnica.

No slide 3 colocar entre parênteses a OMS.

Resposta: Feito.

Na página 21 colocaria o título EMBRIÃO não sobre a imagem.

Resposta: Feito no remodelamento do design gráfico.

Reduziria a quantidade de texto da página 27.

Resposta: Feito. Parte do texto foi passado para a introdução do *e-booklet*.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Neste TCM produzimos um *e-booklet* voltado para alunos da graduação e pós-graduação nas áreas da saúde. Como diferencial, processamos e adquirimos imagens de MEV em alta resolução das principais estruturas reprodutivas do inseto *Rhodnius Prolixus*, um dos principais vetores da doença de Chagas. Utilizamos o apelo plástico e artístico das imagens para abordar os aspectos celulares da biologia reprodutiva desses insetos, além de ressaltar e contextualizar a importância da pesquisa brasileira neste tema. O material foi apreciado por três especialistas nas áreas de MEV, biologia molecular de insetos e em divulgação científica. Seus pareceres resultaram em sugestões sobre texto e sobre o formato do *e-booklet* final, contribuindo assim para refinar essa ferramenta em despertar a atenção e o interesse do público.

Esperamos com esse produto contribuir para a divulgação científica sobre a doença de Chagas, aproximando esses leitores e outros interessados, sobre a importância não só da microscopia eletrônica, especialmente a de varredura mas, de forma mais ampla, do estudo da biologia molecular de vetores de doenças tropicais negligenciadas, que impõem tanto custo à saúde e à qualidade de vida da população brasileira.

Apesar do escopo deste trabalho ter o seu público-alvo voltado aos alunos dos cursos de graduação e pós-graduação nas áreas de ciências biológicas e da saúde, não invalida o seu acesso ao público em geral não especializado.

Acreditamos que o uso/aplicação do MEV, inovador neste contexto, tem grande potencial para tal divulgação, pois permite ao leitor conhecer mais de perto um dos vetores da doença de Chagas, chamando a atenção e despertando o interesse para o estudo e divulgação da pesquisa sobre esta doença negligenciada em espaços educativos, sendo este um importante passo para pensarmos e cobrarmos ações do poder público para diminuição de sua ocorrência em nosso país.

Entendemos que é importante ressaltar a escassez de trabalhos que usam MEV para a divulgação científica disponíveis em português, visto que encontramos apenas 10 publicações sobre o tema mesmo sem incluir recortes de tempo. Nesse sentido, seria muito interessante em trabalhos futuros avaliar a literatura em língua inglesa, e observar se essa tendência de pouco uso de MEV em divulgação científica também é verdade em um contexto internacional. Isso nos permitiria uma discussão mais profunda do potencial de contribuição deste trabalho, e de novas iniciativas de divulgação utilizando o apelo plástico da MEV. Além disso, a ausência de trabalhos com essa temática no Brasil lança uma reflexão sobre o tema, incentivando uma maior oferta de publicações na área de divulgação científica que possam vir a utilizar MEV em seu escopo. Dito isso, entendemos que este trabalho tem potencial de abrir novas iniciativas com o escopo MEV e divulgação científica no Brasil, e nosso grupo espera continuar a contribuir com esta temática em trabalhos futuros.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6029: Informação e documentação: Livros e folhetos. Rio de Janeiro, p. 162. 2006.

ADHAM, F. K.; MEHLHORN, H.; YAMANY, A. S. Scanning electron microscopy of the four larval instars of the lymphatic filariasis vector *Culex quinquefasciatus* (Say) (Diptera: Culicidae). *Parasitology research*, v. 112, n. 6, p. 2307-2312, 2013.

ALVES, E. F. Uma entrevista com Dawid Surmik: pesquisa e ensino da Paleontologia Molecular. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, v. 5, p.10, 2021.

BARBOSA, BRENDON WILLIAN GUEDES. Nanoarte: ciência e tecnologia dos materiais. *Plural Design*, v. 2, n. 1, p. 7-19, 2019.

BOZZOLA, J. J.; RUSSELL, L. D. *Electron microscopy: principles and techniques for biologists*. Jones & Bartlett Learning, 1999.

BOARO, C. *Investigando a Vida das Plantas*. 1º Edição ed. Botucatu: IB/UNESP, 2016. v. 1

CAMPOS, F. I., CAMPOS, D. M. B., VITAL, A. V., & PAIXÃO, T. F. P. Desenvolvimento e expansão de doenças transmitidas por vetores. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2018.

GIRÃO-CARMONA, VIRGÍNIA CLÁUDIA CARNEIRO; SIQUEIRA, GRACIELE KARINE; SOUZA FILHO, ANTONIO GOMES DE (org.). *Arte sob o microscópio: imagens para recordar*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará: Imprensa Universitária, 2020. E-book (100 p.). (Edição Premium 2020).

CASARIN, S. T., PORTO, A. R., GABATZ, R. I. B., BONOW, C. A., RIBEIRO, J.

P., & MOTA, M. S. Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do Journal of Nursing and Health/Types of literature review: considerations of the editors of the Journal of Nursing and Health. Journal of Nursing and Health, v. 10, n. 5, 2020

CASTRO, EMANUELLA DE. Composto ativador de procaspase-1 induz apoptose-like em Trypanosoma cruzi. 2018. 53 f. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) - Instituto Carlos Chagas, Fundação Oswaldo Cruz, Curitiba, 2018.

CDC - Global Health - Neglected Tropical Diseases. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/globalhealth/ntd/index.html>>.

CECCANTINI, G. Os anéis e os vampiros das árvores: uma trajetória de estudos de anéis de crescimento de árvores e plantas parasitas. 2018. Tese de Doutorado em Morfologia e Anatomia Comparada de Plantas vasculares. Universidade de São Paulo.

CHAO, C.; LEONE, J. L.; VIGLIANO, C, A. Chagas disease: Historic perspective. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease, v. 1866, n. 5, p. 165689, 2020.

COSTA, M., TAVARES, V., AQUINO, M. V., & MOREIRA, D. Doença de chagas: uma revisão bibliográfica. Revista Eletrônica da Faculdade Evangélica de Ceres, v. 2, n. 1, 2013

COURA, J. R. Tripanosomose, doença de Chagas. Ciência e Cultura, v. 55, n. 1, p. 30-33, 2003.

COUTINHO, M. DIAS, João Carlos Pinto. A descoberta da doença de Chagas. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 16, n. 2, p. 11-51, 1999.

DE ANDRADE DUTRA, D. S., DA SILVA KUARK, F., BECALLI, F. Z., DE FARIAS VIEGAS-AQUIRE, G. M., & JÚNIOR, H. I. L. Coleção de atividades didático-pedagógicas em microscopia: relações de tamanho. Edifes, 2017.

FITARELLI, D. B.; HORN, J. F. Descarte de bolsas de sangue devido à reatividade para doença de Chagas em um laboratório de triagem sorológica de doadores em Porto Alegre-RS. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, v. 31, p. 310-314, 2009.

GALVÃO, C., org. Vetores da doença de chagas no Brasil [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, 289 p. *Zoologia: guias e manuais de identificação series*. ISBN 978-85-98203-09-6. Available from SciELO Books.

AC, C. G., DE OLIVEIRA, J., CRISTAL, D. C., DELGADO, L. M. G., DE FREITAS BITTINELLI, I., GALVÃO, C., ... & ALEVI, K. C. C. Intraspecific and Interspecific Phenotypic Differences Confirm the Absence of Cryptic Speciation in *Triatoma sordida* (Hemiptera, Triatominae). *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 2021.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2018. Hamdy A. Effect of full coverage, endocrowns, onlays, inlays restorations on fracture resistance of endodontically treated molars. *Journal of Dental and Oral Health*. 2015; 5:2.

GOMES, D. S.; TIRONI, S. M. T.; MARTINEZ, A. Campanha. Uso da Microscopia Eletrônica de Varredura na Medicina Veterinária. *Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública*, v. 4, p. 126-130, 2017.

JACOBI, M. M. O Admirável Mundo Nano: Nanociência e Nanotecnologia. 2014.

KESLLER, R. L., CONTRERAS, V. T., MARLIÉRE, N. P., APARECIDA GUARNERI, A., VILLAMIZAR SILVA, L. H., MAZZAROTTO, G. A. C. A., ... & PROBST, C. M. Recently differentiated epimastigotes from *Trypanosoma cruzi* are infective to the mammalian host. *Molecular Microbiology*, v. 104, n. 5, p. 712-736, 2017.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica, 7º

Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEYRIA, J.; ORCHARD, I.; LANGE, A. B. Transcriptomic analysis of regulatory pathways involved in female reproductive physiology of *Rhodnius prolixus* under different nutritional states. *Scientific reports*, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2020.

LIMA, T. S.; OLIVEIRA, T. Y. S.; RUELA, B. A.; BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. Alisamento capilar: o uso da microscopia eletrônica de varredura no ensino de ciências. In: Cinthia Maria Felício; Dayane Graciele dos Santos; Wender Faleiro. (Org.). *Saberes e vivências em Ciências da Natureza no Ensino Médio*. 1ª ed. Goiânia: Kelps, v. 1, p. 126-150, 2020.

DOS SANTOS-MALLET, J. R., CARDOZO-DE-ALMEIDA, M., NOVO, S. C., & GONÇALVES, T. C. M. (2008). Morfologia externa de *Triatoma carcavallo* Jurberg, Rocha & Lent (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) através da microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura. *EntomoBrasilis*, v. 1, n. 2, p. 37-42, 2008.

MARIALVA, E. F., SECUNDINO, N. F., FERNANDES, F. F., ARAÚJO, H. R., RÍOS-VELÁSQUEZ, C. M., PIMENTA, P. F., & PESSOA, F. A. Morphological aspects of immature stages of *Migonemyia migonei* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae), an important vector of Leishmaniosis in South America, described by scanning electron microscopy. *Plos one*, v. 15, n. 11, p. e0242163, 2020.

MELLO, Cecília Ferreira de. *Bioecologia e vigilância entomológica de mosquitos (Diptera: Culicidae) na área da Reserva Biológica de Poço das Antas, Município de Silva Jardim, Estado do Rio de Janeiro*. 2017. 153 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2017.

MINAYO, M. C. S. *Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade*. Ciência

& saúde coletiva, v. 17, n. 3, p. 621-626, 2012.

MONTEIRO, A. C. B., DORIGATTI, D. H., RODRIGUES, A. G., & SILVA, J. B. M. Doença de Chagas uma enfermidade descoberta por um brasileiro. Saúde em Foco, n. 07, 2015.

NASCIMENTO, A. C. B. Microanatomia ultraestrutural dos ovos, larvas e órgãos sensoriais de vetores de leishmanioses através da microscopia eletrônica de varredura. Fundação Oswaldo Cruz, Centro de Pesquisas René Rachou, Mestrado em Ciências da Saúde. 2006.

NIELSEN, F. A. Guia prático para elaboração de monografias, dissertações e teses em administração. São Paulo: Saraiva, 2017. Prosthodont, v. 28, n.5, p. 475– 483, 2015.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. OPAS: 70% das pessoas com Chagas não sabem que estão infectadas. 2021.

OLIVEIRA, M. V. D. F., DELGADO, O. T., CEDRO, W. L., RIVERA, Y. R., SOLOVIEVA, Y., GARCIA, H. C. R., ... & AMÂNCIO, N. D. F. G. RELAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS COM O AUMENTO DA INCIDÊNCIA DE DOENÇAS TROPICAIS. RELAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS COM O AUMENTO DA INCIDÊNCIA DE DOENÇAS TROPICAIS., v. 3, n. 48, p. 579-591, 2020.

PICCOLI, MSQ; PANIZZON, M. A popularização do conhecimento científico como forma de interação entre a academia e a sociedade. Revista Brasileira de Pós-Graduação – RBPG, ISSN (on-line): 2358-2332. Brasília, v.17, n. 37, jan./jun., 2021.

RAMOS, T. M. Potencialidades da microscopia eletrônica (transmissão e varredura) e microscopia confocal como ferramentas para análise de amostras biológicas. UFRGS. Porto Alegre, p. 49. 2013.

RAMOS, I; GOMES, F. Vector Control: Insights Arising from the Post-Genomics Findings on Insects' Reproductive Biology, in, ed. F. G. E.-D. M. A. Sperança (Rijeka: IntechOpen), Ch. 3. doi:10.5772/intechopen.106273. 2022.

RODRIGUES, F. V. P., STRIEDER, R. B., GOMES, R. C., DEPEYROT, J., & WATANABE, G. A perspectiva educativa nos laboratórios de pesquisa: um diálogo entre a escola básica e a universidade. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 38, n. 1, p. 193-215, 2021.

ROSA M. D'. A; MOHR A. Os fungos na escola: análise dos conteúdos de micologia em livros didáticos do ensino fundamental de Florianópolis. Experiências em Ensino de Ciências, Cuiabá, v. 5, n. 3, p. 95-102, 2010..

SANTANA, D. B. *Trypanosoma rangeli*: biologia do parasitismo em espécies do gênero *Rhodnius* e aspectos ultraestruturais na dinâmica da invasão e morfogênese em glândulas salivares. 2011.

SHAW, W. R., ATTARDO, G. M., AKSOY, S., & CATTERUCCIA, F. A comparative analysis of reproductive biology of insect vectors of human disease. Current opinion in insect science, v. 10, p. 142-148, 2015.

STEVERDING, D. The history of Chagas disease. Parasites & vectors, v. 7, n. 1, p.1-8, 2014.

TÉLLEZ-GARCÍA, A. A., BELLO-BEDOY, R., ENRÍQUEZ-VARA, J. N., CÓRDOBA-AGUILAR, A., & GUTIÉRREZ-CABRERA, A. E. Genital morphology and copulatory behavior in triatomine bugs (Reduviidae: Triatominae). Arthropod structure & development, v. 49, p. 103-118,2019.

WHO. World Health Organization. Chagas disease (also known as American trypanosomiasis). 2021.

APÊNDICE A – E-BOOKLET

A biologia reprodutiva do inseto vetor da doença de Chagas vista por microscopia eletrônica de varredura

**Marcus Villarinho
Isabela Ramos**



FR
Frappello
Publishing

EXPEDIENTE

Organizadores:

Marcus Villarinho
Isabela Ramos

Colaboradora:

Sonia Vasconcelos

Consultores:

Profº Fabio Gomes (IBCCF/UFRJ)
Profª Gabriela de Oliveira Paiva e Silva (IBqM/UFRJ)
Profº Marcelo Borges Rocha (CEFET)

Produção digital:

Fabio Rapello Alencar

Ilustração da capa:

Renan Alves



CIP-Brasil. Catalogação na fonte - Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

V697b

A biologia reprodutiva do inseto vetor da doença de Chagas vista por microscopia eletrônica de varredura. Marcus Villarinho e Isabela Ramos. 1. ed. – Rio de Janeiro : Frapello Publishing, 2022. 30p.

ISBN: 978-65-85205-01-6

I. Rhodinus Prolixus. II. Doença de Chagas III. Microscopia. I. Villarinho, Marcus. 2. Ramos, Isabela. I. Título.

CDD: 697

DOENÇAS TROPICAIS NEGLIGENCIADAS

As doenças tropicais negligenciadas e as doenças transmitidas por vetores fazem parte de um conjunto de doenças infecciosas que afetam principalmente as populações mais vulneráveis de países em desenvolvimento. Essas populações incluem aquelas com menor acesso a serviços de saúde, que vivem em áreas rurais remotas e favelas urbanas, embora algumas dessas doenças, como dengue, zika e chikungunya, também afetem grandes áreas urbanas.

Em conjunto, são consideradas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) um dos principais problemas de saúde pública do mundo.

Lidar com essas doenças requer intervenções custo-efetivas que atendam as especificidades das áreas atingidas, sendo o combate a população dos insetos vetores dessas doenças uma forma reconhecidamente efetiva de sua prevenção e controle.

Por isso, investir no estudo da biologia complexa dos diferentes insetos vetores é essencial para elaborar estratégias que reduzam os impactos negativos que essas doenças têm na saúde, bem-estar social e econômico dessas populações.

<https://www.paho.org/en/topics/neglected-tropical-and-vector-borne-diseases>

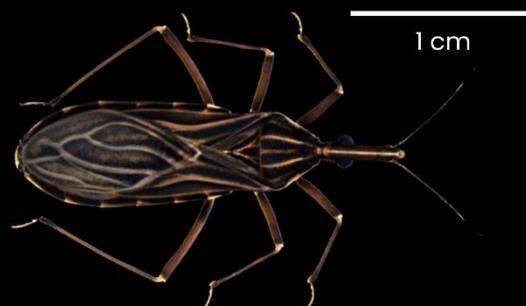
www.who.int/health-topics/neglected-tropical-diseases#tab=tab_1

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que 6 a 7 milhões de pessoas em todo o mundo, principalmente na América Latina, estejam infectadas pelo *Trypanosoma cruzi*, o parasita causador da doença de Chagas (OMS, 2022). A principal via de transmissão deste parasita para humanos ocorre através de algumas espécies de triatomíneos, que podem transmitir o parasita e atuar como vetores da doença. Por isso, o controle da população vetorial é um dos métodos mais úteis para prevenir a doença de Chagas na América Latina.

<https://www.who.int/health-topics/chagas-disease>

Uma parte importante do sucesso adaptativo dos insetos, incluindo as espécies vetoras de doenças, está no fato de estes possuírem uma eficiente produção de ovos. Por isso, muitos projetos de pesquisa se concentram no entendimento dos mecanismos moleculares e celulares essenciais que controlam a produção dos ovos em insetos vetores, com o objetivo de determinar como esses mecanismos podem ser explorados para o manejo do seu controle populacional.

Rhodnius prolixus é uma das espécies vetoras da doença de Chagas.



Rhodnius prolixus

**Neste e-booklet, convidamos
você a contemplar as principais
estruturas da biologia
reprodutiva de *R. prolixus*,
vistas ao microscópio
eletrônico de varredura.**

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

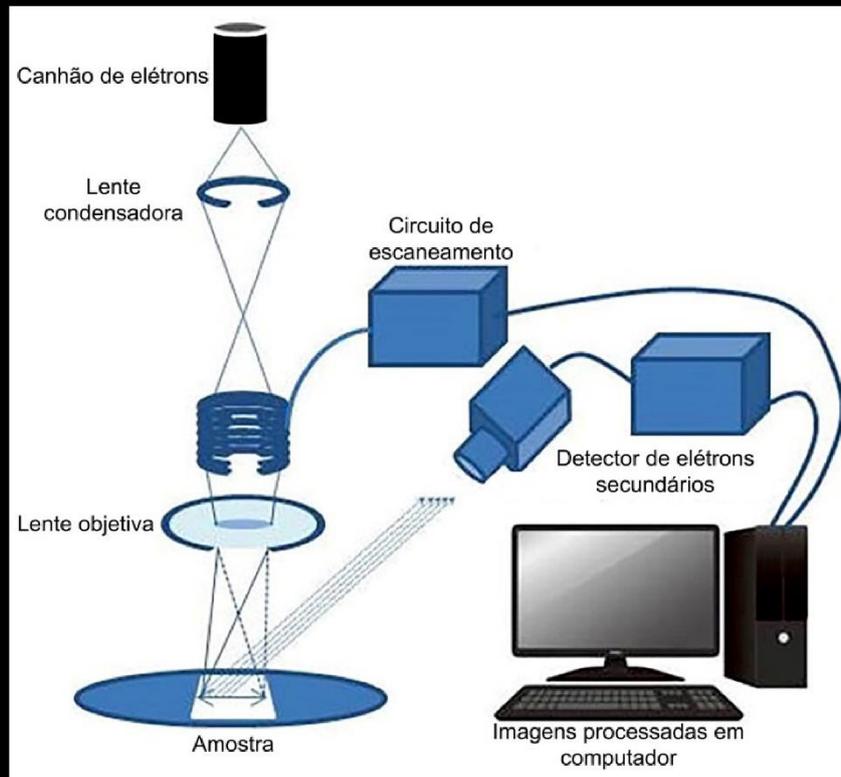
Um microscópio eletrônico de varredura é um tipo de microscópio que produz imagens digitalizando a superfície de amostras com um feixe de elétrons focalizado. Os elétrons interagem com os átomos da amostra produzindo vários sinais que contêm informações sobre a topografia da superfície da amostra.

O modo de imagem mais comum coleta elétrons secundários de baixa energia que são ejetados dos átomos da amostra após interações com os elétrons do feixe.

Os elétrons secundários são coletados e amplificados por um fotomultiplicador. A saída do sinal elétrico é exibida como uma distribuição de intensidade bidimensional que pode ser convertida digitalmente e exibida como uma imagem digital.

O resultado final é a geração de imagens de alta ampliação da superfície da amostra com uma resolução melhor do que qualquer microscópio de luz, fornecendo imagens impressionantes da ultraestrutura de amostras biológicas.

MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA



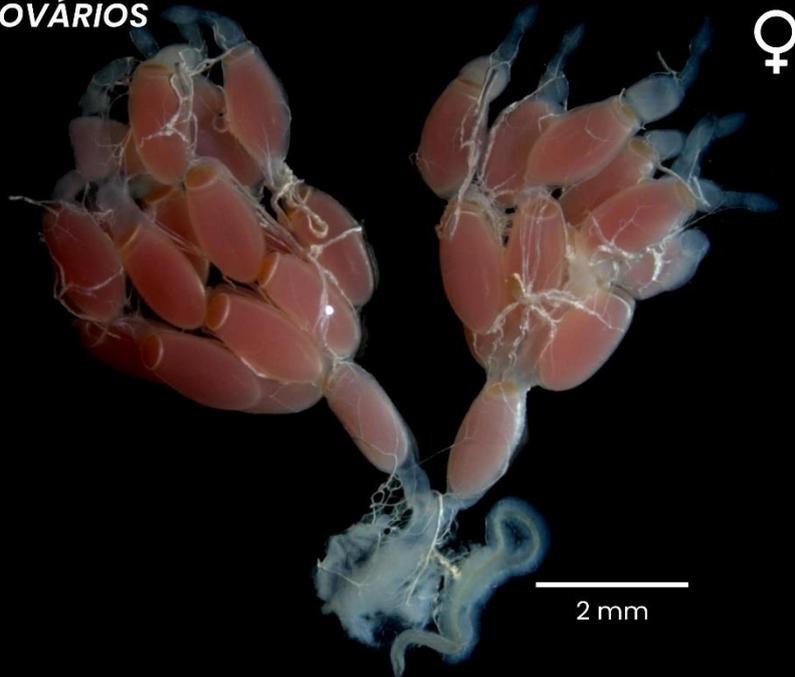
<https://www.thinkymixer.com/en-us/library/report/evaluation-of-materials-using-scanning-electron-microscope-sem/>

https://www.cenabio.ufrj.br/images/UNIDADE3_IMAGENS/NOVAS_IMAGENS/Fei-Quanta-250.jpg

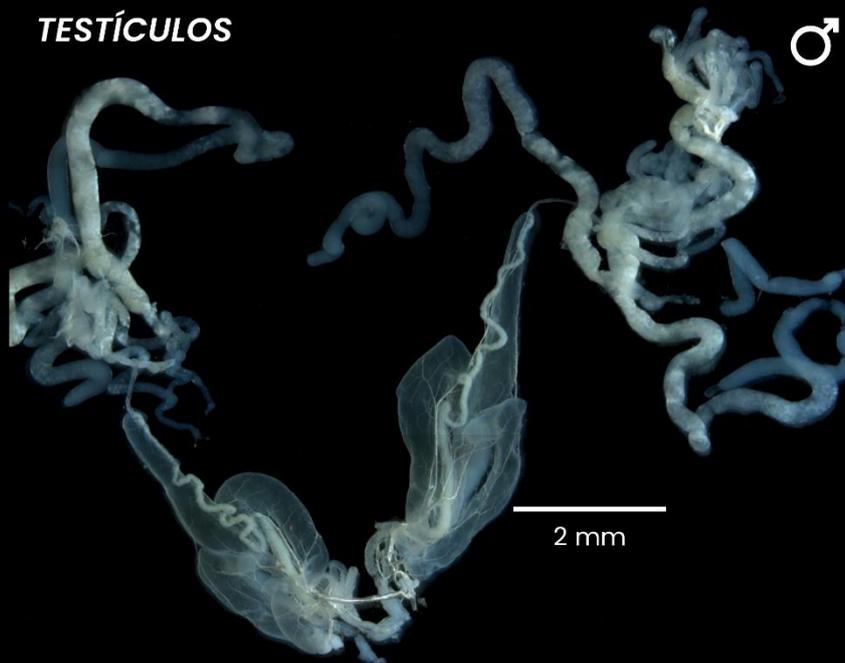
SISTEMA REPRODUTIVO DE INSETOS VETORES

Os sistemas reprodutivos dos insetos são compostos por um par de ovários ou testículos.

OVÁRIOS



TESTÍCULOS



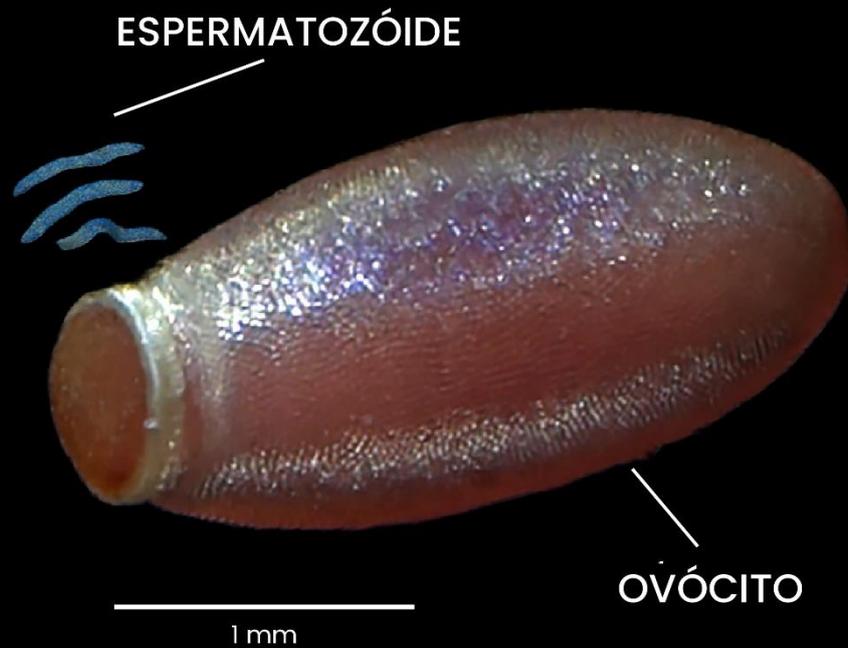
OVÁRIOS & TESTÍCULOS

O ovário faz parte do sistema reprodutor feminino. Os insetos geralmente têm um par de ovários, cada um composto de uma série de filamentos chamados ovaríolos. Os ovaríolos abrigam os ovócitos em desenvolvimento para produzir o ovo maduro. Um ovo maduro é um ovócito que completou seu desenvolvimento nos ovaríolos e está pronto para ser fertilizado.

Os insetos geralmente põem muitos ovos de uma só vez.

A maioria dos insetos machos tem um par de testículos, dentro dos quais estão os tubos que abrigam o esperma, chamados de folículos. Os folículos se conectam a um ducto ejaculatório que permite a entrega dos espermatozoides durante a copulação.

OVÓCITO & ESPERMATOZÓIDE



O ovário produz os ovócitos e o testículo produz os espermatozóides. Porém, a morfologia dos ovos e espermatozóides varia enormemente entre as espécies de insetos. Neste ebooklet, observaremos aspectos da ultraestrutura de ovócitos, espermatozóides e embriões da espécie *Rhodnius prolixus*

**IMAGENS FEITAS EM
MICROSCÓPIO ELETRÔNICO
DE VARREDURA**

OVARÍOLO

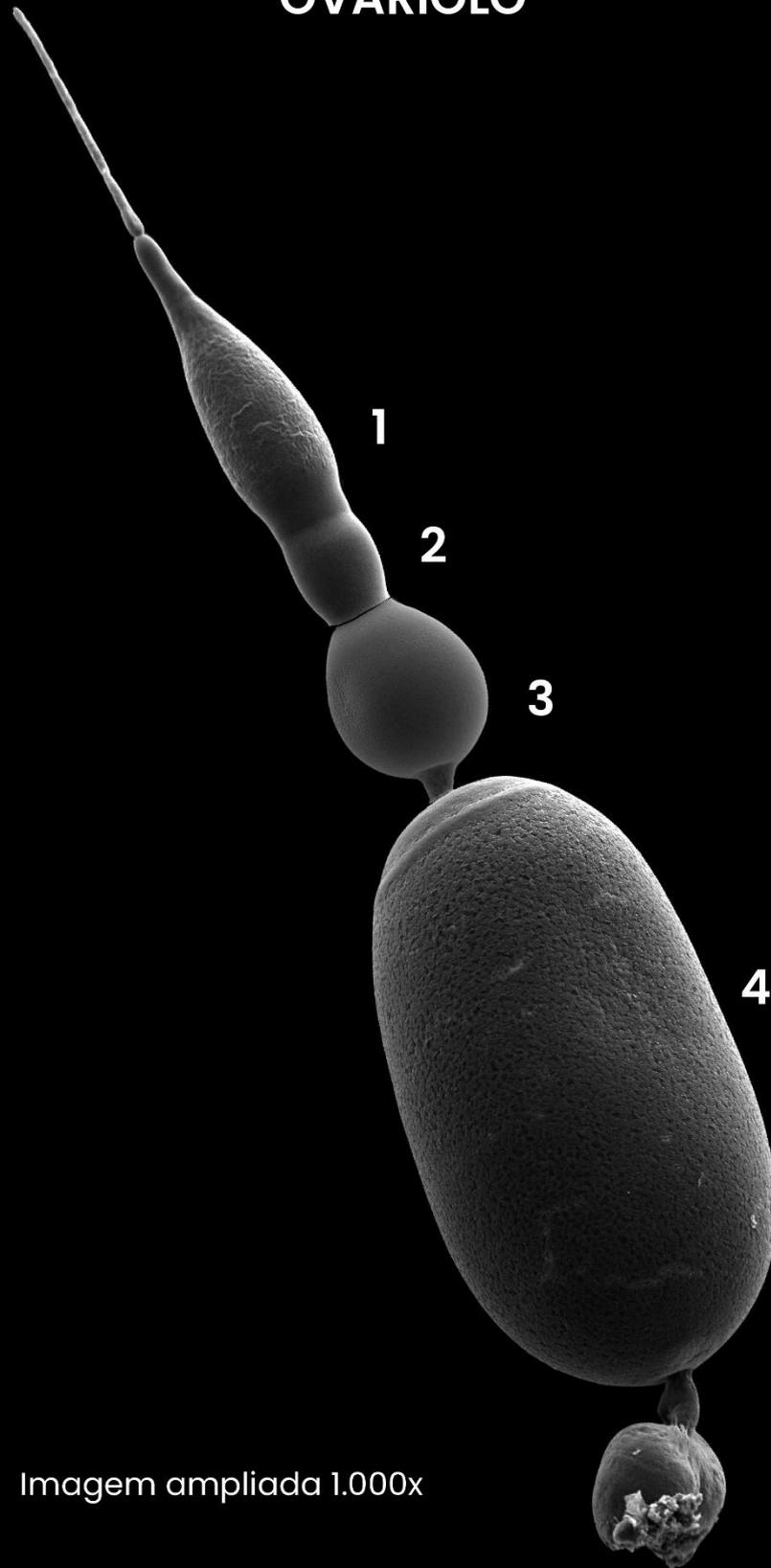


Imagem ampliada 1.000x

OVÁRIO

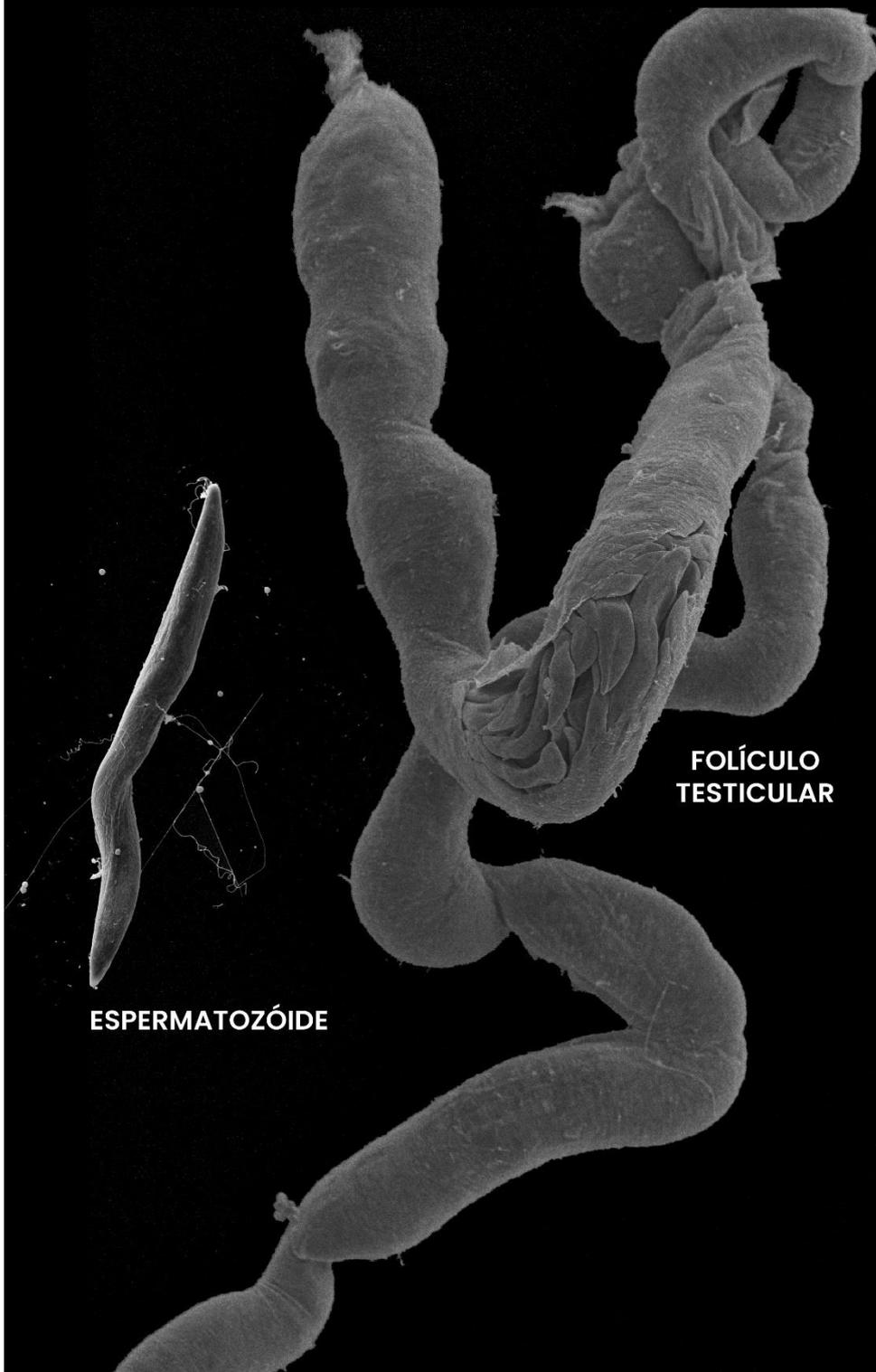
1. Trofário – Esta é a estrutura onde se localizam as células nutridoras e as células germinativas.

2. Ovócito pré-vitelogênico – ovócito nos estágios iniciais de maturação, antes do início do acúmulo de vitelo. Nesta fase de desenvolvimento ainda está ligado às células nutridoras do trofário através de pontes citoplasmáticas denominadas cordas nutritivas.

3. Ovócito vitelogênico – ovócito no estágio intermediário de maturação, quando a maior parte do vitelo está sendo acumulada. Ao final desta fase, o ovócito cresce até 8.000 vezes seu volume original.

4. Ovócito coriogênico – ovócito que finalizou o acúmulo de vitelo e desencadeou o programa de coriogênese, quando o córion (casca de ovo) é sintetizado. Após esse processo, o ovócito passa a ser chamado de ovo maduro e está pronto para ser fertilizado e colocado no ambiente.

FOLÍCULO TESTICULAR



FOLÍCULO
TESTICULAR

ESPERMATOZÓIDE

FOLÍCULO TESTICULAR E ESPERMATOZÓIDE

Folículo testicular - Detalhe de um folículo testicular – Observe o rasgo (feito com a pinça de dissecação) na bainha externa expondo os espermatozóides dentro da estrutura tubular do folículo.

Espermatozóide - Os insetos exibem uma diversidade aparentemente infinita na morfologia dos espermatozóides entre as diferentes espécies. O espermatozoide deste inseto é uma célula filiforme móvel que consiste em 3 subestruturas internas: a cabeça (acrossoma e núcleo), o adjunto do centríolo de transição e o flagelo. O comprimento do esperma nas espécies que seguem este perfil pode variar desde 12 mm como encontrado em alguns himenópteros a cerca de 6 cm como visto em *Drosophila bifurca*.

OVÓCITO & ESPERMATOZÓIDE

OPÉRCULO

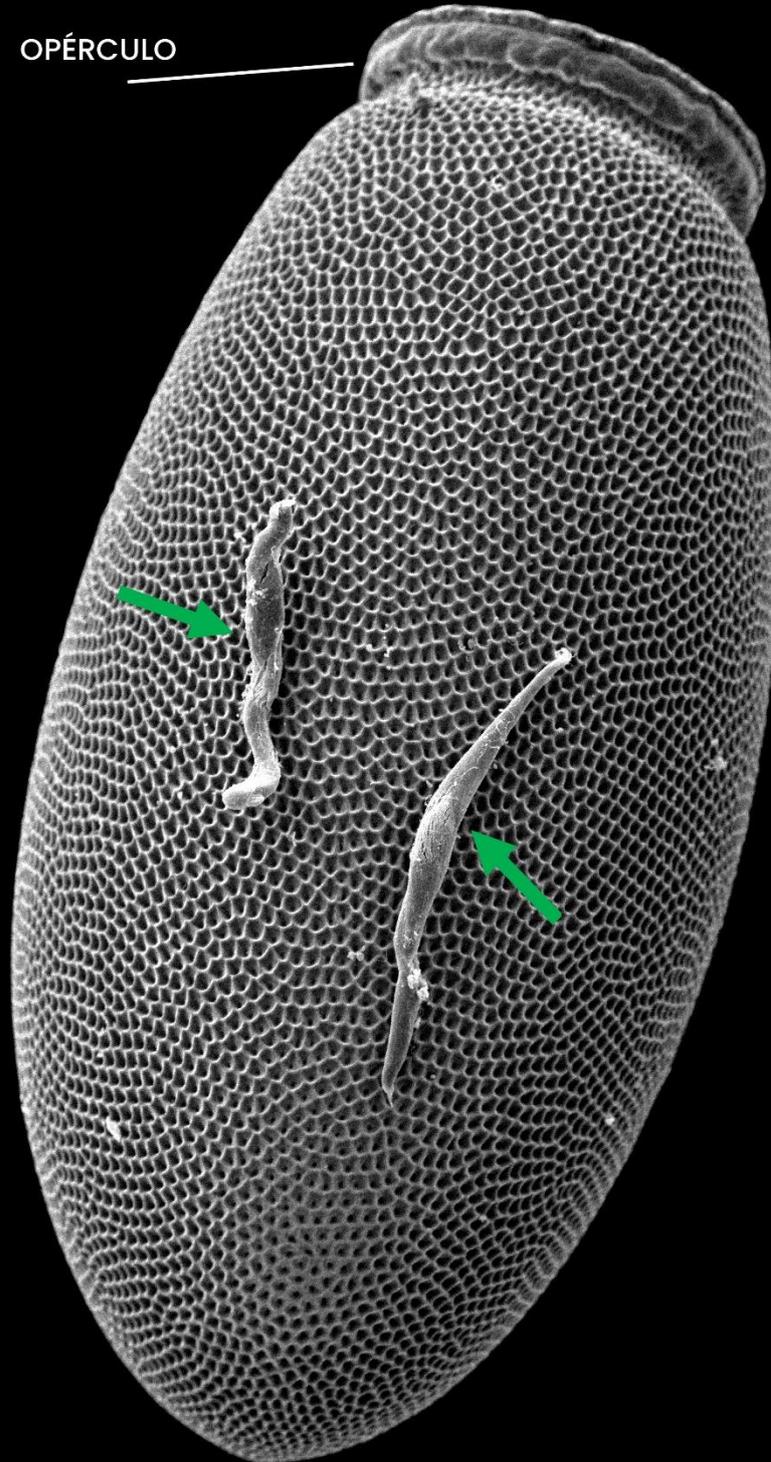


Imagem ampliada 1.500x

OVO & ESPERMATOZÓIDE

Um ovo maduro, após a formação da casca do ovo, e dois espermatozoides (setas verdes) sobrepostos sobre a casca do ovo.

Observe as diferenças de tamanho entre os gametas masculinos e femininos.

Observe os padrões pentagonais e hexagonais da superfície externa da casca do ovo.

Observe a região especializada anterior da casca do ovo, denominada opérculo (seta branca). Essa região abriga as aerópilas, poros nanométricos que permitem que a casca do ovo troque gases com o meio ambiente durante o desenvolvimento do embrião.

ESPERMATOZÓIDE

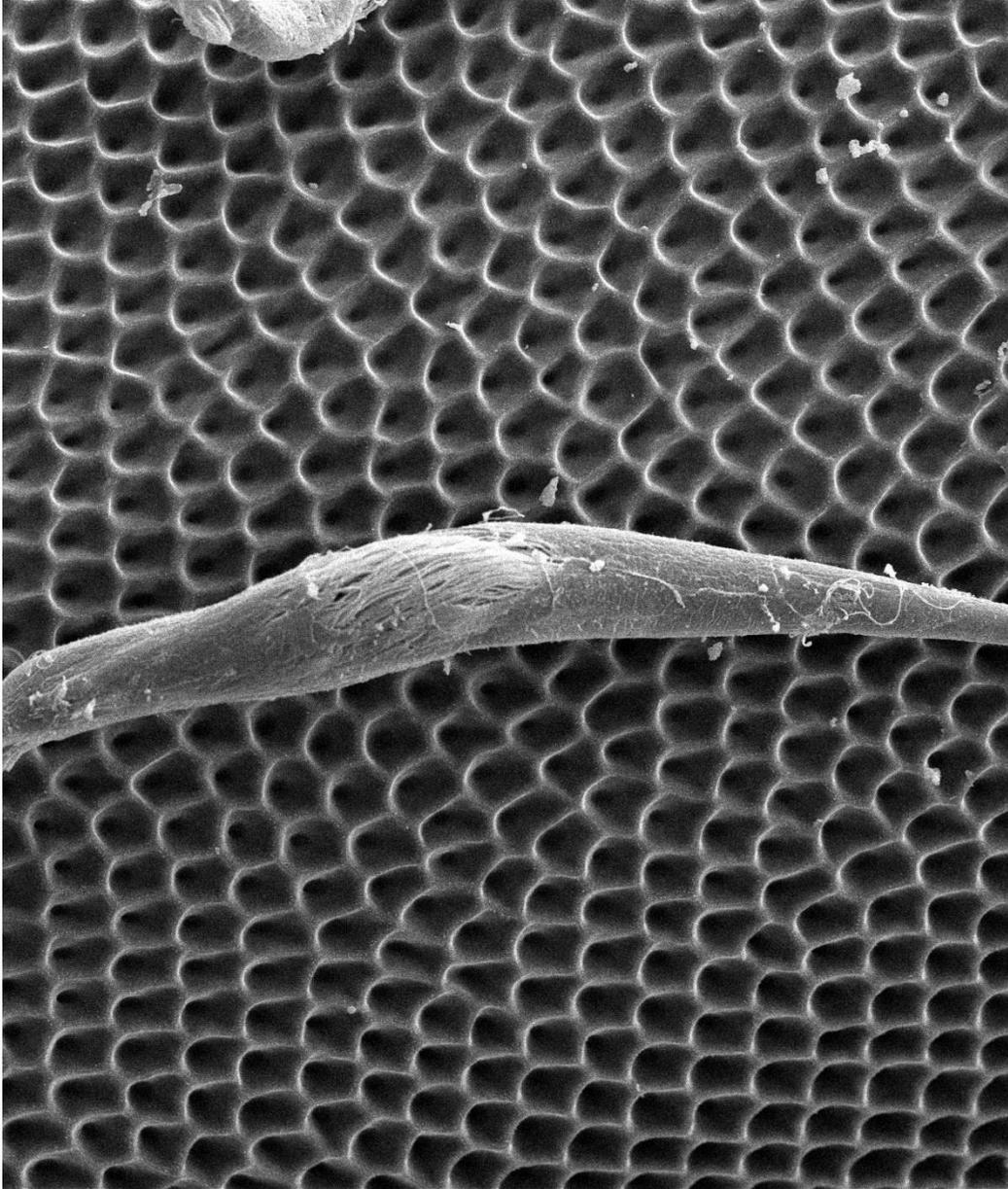


Imagem ampliada 6.000x

ESPERMATOZÓIDE

Detalhe de um espermatozoide sobre a casca do ovo. Uma ruptura na membrana do espermatozoide (cometida artificialmente durante o processamento da amostra) revela a matriz de axonemas (estruturas de filamentos baseados em microtúbulos) que permitem o movimento dos espermatozoides.

Detalhe dos padrões pentagonais e hexagonais da superfície externa da casca do ovo.

OVÓCITO & VITELO



Imagem ampliada 8.000X

OVÓCITO & VITelo

Detalhe do conteúdo encontrado dentro do ovócito maduro. Todo o citoplasma do ovo é preenchido com vesículas redondas de tamanhos variados denominadas grânulos de vitelo. Essas organelas armazenam todas as moléculas que fornecerão ao embrião energia e nutrientes para seu desenvolvimento que acontece separado do organismo materno.

EMBRIÃO



Imagem ampliada 2.400x

EMBRIÃO

A massa de organelas de vitelo que fica adjacente ao embrião durante todo o desenvolvimento.

Embrião no 7º dia de desenvolvimento, durante a organogênese. Os 3 pares de pernas torácicas rudimentares podem ser vistos, bem como o par de antenas (NA) e lábio (LA).

EMBRIÃO

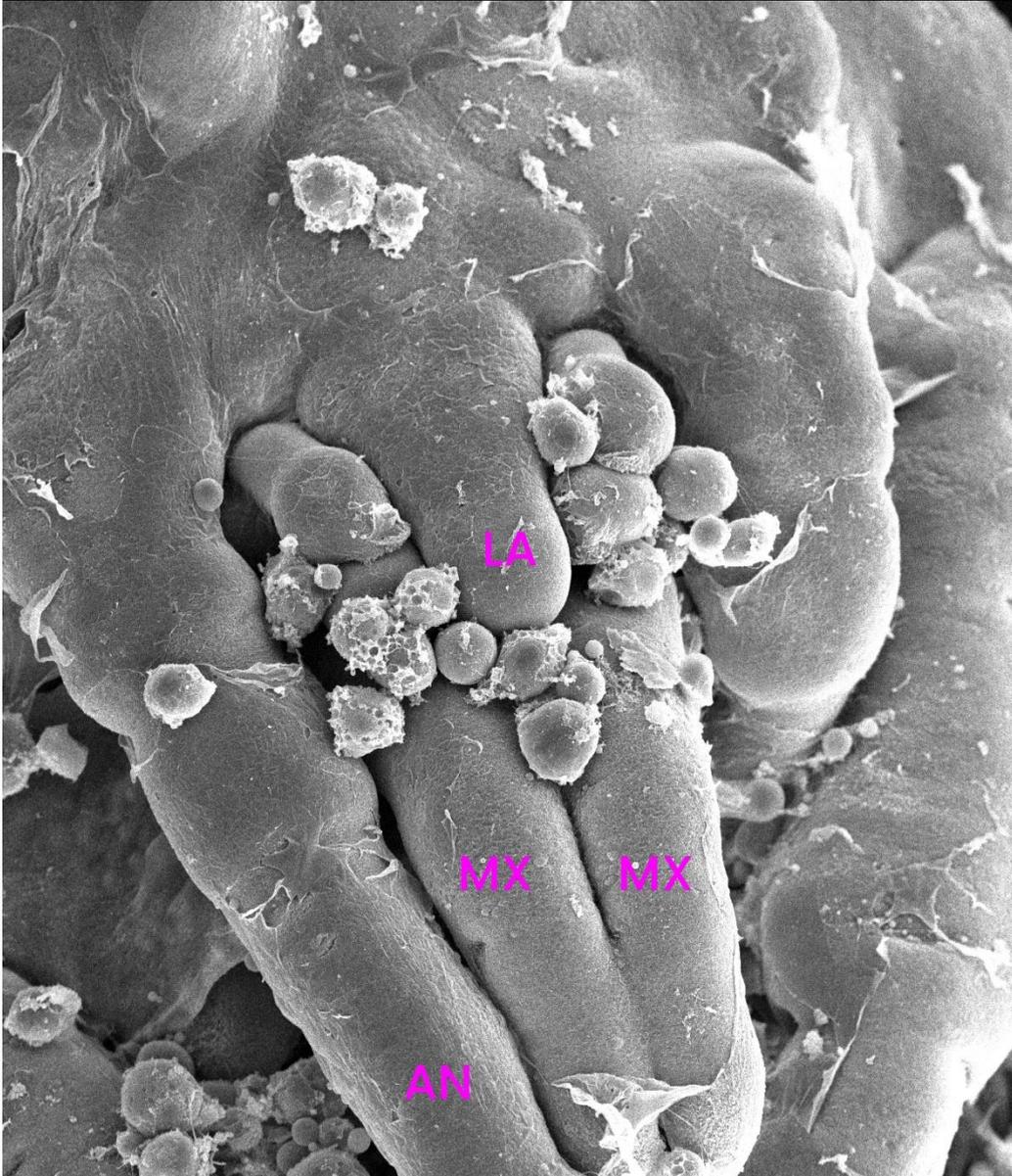


Imagem ampliada 8.000x

EMBRIÃO

Detalhe das peças bucais e antenas rudimentares com alguns grânulos de vitelo associados. LA: Lábio, MX: maxilares, AN: antena

NINFA DE 1º ESTÁGIO

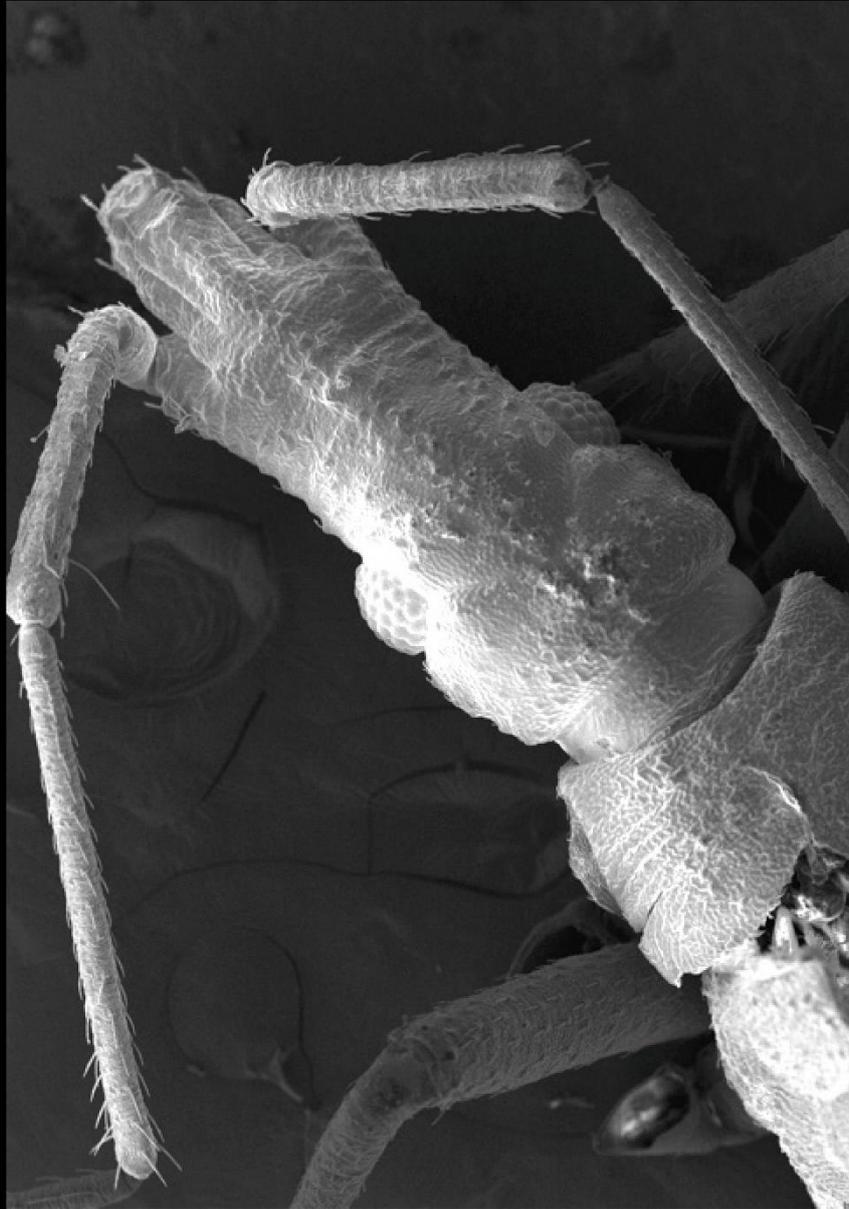


Imagem ampliada 7.400x

NINFA DE 1º ESTÁGIO

Detalhe da cabeça de uma ninfa de 1º estágio logo após a eclosão do ovo. Nesse estágio o inseto já está pronto para buscar seu primeiro hospedeiro vertebrado e fazer sua primeira alimentação com sangue.

Notar os olhos compostos (órgãos visuais constituído por unidades visuais independentes chamadas de omatídeos) e os detalhes das sensillas (pequenas espículas) nas antenas.

Ao encontrar um hospedeiro infectado para se alimentar e eliminar o parasita nas fezes, um novo ciclo de transmissão da doença de Chagas se iniciará.

PESQUISAR SOBRE A BIOLOGIA MOLECULAR DE INSETOS VETORES É ESSENCIAL

A doença de Chagas é apenas uma das doenças transmitidas por vetores típicas de regiões tropicais. Atualmente, a OMS estima que 75 milhões de pessoas estão sob risco de infecção por essa doença.

Diversas universidades e centros de pesquisa de países que sofrem com essas doenças, incluindo o Brasil, direcionam esforços e produzem conhecimento na grande área da biologia molecular de insetos vetores com o objetivo final de descobrir ferramentas para o desenvolvimento de estratégias de controle da população destes insetos.

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular promove atualmente no Brasil diversos projetos de pesquisa na área da entomologia molecular.

Acesse para saber mais detalhes.

<http://www.inctem.bioqmed.ufrj.br/index.php/pt/>

REFERÊNCIAS

Báo, S. N. and De Souza, W. (1994). Structural specialization in the flagellum of the spermatozoon of the bloodsucking bug (*Rhodnius prolixus*; Hemiptera, Reduviidae). *Tissue Cell* 26, 299–308.

Bozzola, J.J. and Russell, L.D. (1999). *Electron microscopy: principles and techniques for biologists*. Jones & Bartlett Learning.

Guarneri, A. and Lorenzo, M. (2021). *Triatominae - The Biology of Chagas Disease Vectors*.

Huebner, E. and Anderson, E. (1972a). A cytological study of the ovary of *Rhodnius prolixus*. Cytoarchitecture and development of the trophic chamber. *J Morphol* 138, 1–40.

Huebner, E. and Anderson, E. (1972b). A cytological study of the ovary of *Rhodnius prolixus*. III. Cytoarchitecture and development of the trophic chamber. *J. Morphol.* 138, 1–39.

Huebner, E. and Anderson, E. (1972c). A cytological study of the ovary of *Rhodnius prolixus*. II. Oocyte differentiation. *J Morphol* 137, 385–415.

Huebner, E. and Anderson, E. (1972d). A cytological study of the ovary of *Rhodnius prolixus*. I. The ontogeny of the follicular epithelium. *J Morphol* 136, 459–493.

Lange, A. B., Leyria, J. and Orchard, I. (2022). General and Comparative Endocrinology The hormonal and neural control of egg production in the historically important model *insect Rhodnius prolixus*: A review, with new insights in this post-genomic era. 322.

Nunes-da-fonseca, R., Berni, M., Pane, A. and Araujo, H. M. (2017). *Rhodnius prolixus*: From classical physiology to modern developmental biology. 1–11.

Werner, M. and Simmons, L. W. (2008). Insect sperm motility. *Biol. Rev.* 83, 191–208.

Wilson, A. L., Courtenay, O., Kelly-Hope, L. A., Scott, T. W., Takken, W., Torr, S. J. and Lindsay, S. W. (2020). The importance of vector control for the control and elimination of vector-borne diseases.