

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Instituto de Ciências Agrárias**  
**Programa De Pós-Graduação em Ciências Florestais**

Bruna Lisboa Silva

**Morfologia do canal alimentar e do sistema reprodutor de *Atopozelus opsimus* ELKINS,  
1954 (Hemiptera: Reduviidae)**

Montes Claros

2023

Bruna Lisboa Silva

**MORFOLOGIA DO CANAL ALIMENTAR E DO SISTEMA REPRODUTOR DE  
*Atopozelus opsimus* ELKINS, 1954 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientador:** Prof. Pedro Guilherme Lemes Alves

Montes Claros

2023

Silva, Bruna Lisboa.

S586m  
2023      Morfologia do canal alimentar e do sistema reprodutor de *Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Hemiptera: Reduviidae) [manuscrito] / Bruna Lisboa Silva. Montes Claros, 2023.  
44 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Ciências Florestais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientado: Pedro Guilherme Lemes Alves

Banca examinadora: Clivia Carolina Fiorilo Possobom, Jamile Fernanda da Silva Cossolin, Camila Folly Baptista..

Inclui referências: f. 20-22; 36-40; 42-44.

1. Insetos como agentes de controle biológico de pragas -- Teses. 2. Espermateca -- Teses. 3. Vesícula seminal -- Teses. 4. Hemiptera -- Teses. 5. Percevejo -- Morfologia -- Teses. 6. Animais predadores -- Teses. I. Lemes, Pedro Guilherme. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 632:595.7

## ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 07 dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e três, às 08:00 horas, sob a Presidência do Professor Pedro Guilherme Lemes Alves, D. Sc. (Orientador – UFMG/ICA) e com a participação das Professoras Clivia Carolina Fiorilo Possobom, D. Sc. (UFMG/ICA), Jamile Fernanda Silva Cossolin, D. Sc. (Instituto Federal do Mato Grosso) e da Pós-Doutora Camila Folly Baptista, D. Sc. (UFV), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de Defesa de Dissertação de **Bruna Lisboa Silva**, aluna do Curso de Mestrado em Ciências Florestais. Após a avaliação da referida aluna, a Banca Examinadora procedeu à publicação do resultado da defesa da Dissertação intitulada: “**Morfologia do canal alimentar e do sistema reprodutor de *Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Hemiptera: Reduviidae)**” sendo a aluna considerada **aprovada**. E, para constar, eu, Professor Pedro Guilherme Lemes Alves, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 74 do regulamento do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, conforme apresentado a seguir:

Art. 74 – Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do colegiado do Curso, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Montes Claros, 07 de dezembro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
 PEDRO GUILHERME LEMES ALVES  
Data: 14/12/2023 11:10:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Pedro Guilherme Lemes Alves  
Orientador

Documento assinado digitalmente  
 CLIVIA CAROLINA FIORILO POSSOBOM  
Data: 13/12/2023 16:32:21-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Clivia Carolina Fiorilo Possobom  
Membro

Documento assinado digitalmente  
 JAMILE FERNANDA SILVA COSSOLIN  
Data: 11/12/2023 15:07:20-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Jamile Fernanda Silva Cossolin  
Membro

Documento assinado digitalmente  
 CAMILA FOLLY BAPTISTA  
Data: 13/12/2023 15:34:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Camila Folly Baptista  
Membro

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelas bênçãos concedidas.

Agradeço à minha família, em especial ao Hugo, meu noivo, pelo apoio e incentivo.

Agradeço ao Prof. Pedro Guilherme Lemes Alves, meu orientador, pela oportunidade de trabalho e aprendizado.

Agradeço à Universidade Federal de Minas Gerais e ao programa de Ciências Florestais pelo ensino de qualidade.

Agradeço ao CNPq pelo financiamento do projeto e a CAPES pela bolsa de auxílio à pesquisa.

Agradeço ao Prof. José Eduardo Serrão pela recepção e aprendizado.

Agradeço à Profa. Jamile Fernanda Silva Cossolin por toda a ajuda e ensinamentos.

Agradeço ao Laboratório de Ultraestrutura Celular da Universidade Federal de Viçosa por sediar e ofertar o necessário para realização de parte da pesquisa.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório de Entomologia Aplicada à Área Florestal da UFMG, em especial à Naiala e ao Lucas, pelo carinho e companheirismo.

Agradeço à Dra. Camila Folly Baptista, à Profa. Clivia Carolina Fiorilo Possobom e ao Prof. Leandro Silva de Oliveira por aceitarem participar da banca de defesa dessa dissertação.

**MORFOLOGIA DO CANAL ALIMENTAR E DO SISTEMA REPRODUTOR DE  
*Atopozelus opsimus* ELKINS, 1954 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE)**

**RESUMO**

*Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Hemiptera: Reduviidae) é um predador de importantes pragas agrícolas e florestais. Ele apresenta características desejáveis em programas de controle biológico, como alta taxa reprodutiva, alta sobrevivência em períodos de escassez da presa alvo, fácil adaptação ao ambiente e voracidade. O objetivo dessa dissertação foi estudar a anatomia e histologia do intestino médio, sistema reprodutor masculino e ovários desse percevejo, para aumentar o conhecimento da sua biologia e sua aplicação efetiva como inimigo natural em programas de manejo integrado de pragas florestais. O canal alimentar e os sistemas reprodutores de fêmeas e machos foram dissecados e examinados, bem como processados e analisados com microscopia de luz. *Atopozelus opsimus* possui o canal alimentar dividido em intestino anterior, intestino médio com três ventrículos (V1, V2 e V3) e intestino posterior, sendo igual entre fêmeas e machos. No intestino médio, há predominância de células digestivas que são multifuncionais, com diferentes locais de absorção, digestão, armazenamento, excreção e secreção. O intestino médio de *A. opsimus* é semelhante ao de outros Heteroptera fitófagos, hematófagos e predadores, o que sugere que a dieta não foi uma pressão seletiva e reforça a origem de um ancestral comum. O sistema reprodutor feminino de *A. opsimus* apresenta um par de ovários do tipo meroístico-telotrófico, com sete ovaríolos cada, e produção contínua de ovócitos; dois ovidutos laterais, um oviduto comum, duas espermatecas de cor amarela, característica inédita para Heteroptera e câmara genital. O sistema reprodutor masculino apresenta um par de testículos recobertos por bainha peritoneal transparente, composto por sete folículos testiculares (semelhantes ao ancestral) com produção contínua de espermatozoides; dois ductos deferentes com vesículas seminais de cor amarela (descritas pela primeira vez), um par de glândulas acessórias ectadenias e ducto ejaculatório. A morfologia do intestino médio, sistema reprodutor masculino e ovários de *A. opsimus*, descritos pela primeira vez, contribui com dados fundamentais para o conhecimento da biologia deste importante predador.

Palavras-chave: controle biológico; espermateca; Hemiptera; morfologia; predador; vesícula seminal.

**MORPHOLOGY OF THE FOOD CANAL AND REPRODUCTIVE SYSTEM OF**  
***Atopozelus opsimus* ELKINS, 1954 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE)**

**ABSTRACT**

*Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Hemiptera: Reduviidae) is a predator of important agricultural and forestry pests. It presents desirable characteristics in biological control programs, such as high reproductive rate, high survival during periods of scarcity of the target prey, easy adaptation to the environment, and voracity. The objective of this dissertation was to study the anatomy and histology of the midgut, male reproductive system, and ovaries of this assassin bug, in order to increase the knowledge of its biology and its effective application as a natural enemy in integrated pest management programs for forestry pests. The digestive tract and reproductive systems of females and males were dissected and examined as well as processed and analyzed with light microscopy. *Atopozelus opsimus* has the digestive tract divided into foregut, midgut with three ventricles (V1, V2, and V3), and hindgut, being equal between females and males. In the midgut, there is a predominance of digestive cells that are multifunctional, with different sites for absorption, digestion, storage, excretion, and secretion. The midgut of *A. opsimus* is similar to that of other phytophagous, hematophagous, and predatory Heteroptera, which suggests that diet has not been a selective pressure and reinforces the origin from a common ancestor. The female reproductive system of *A. opsimus* has a pair of telotrophic meroistic type ovaries with seven ovarioles each, and continuous production of oocytes; two lateral oviducts, one common oviduct, two yellow-colored spermathecae, a novel characteristic for Heteroptera, and a genital chamber. The male reproductive system has a pair of testes covered by a transparent peritoneal sheath, composed of seven testicular follicles (similar to the ancestral form) with continuous production of spermatozoa; two deferent ducts with yellow-colored seminal vesicles (described for the first time), a pair of ectadenia accessory glands, and an ejaculatory duct. The morphology of the midgut, male reproductive system, and ovaries of *A. opsimus*, described for the first time, may contribute to the literature of biology with fundamental data on this important predator.

Keywords: biological control; Hemiptera; morphology; predator; seminal vesicle; spermatheca.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>ARTIGOS.....</b>	<b>11</b>
2.1	Artigo 1- ANATOMIA E HISTOLOGIA DO INTESTINO MÉDIO DE <i>Atopozelus opsimus</i> ELKINS, 1954 (HETEROPTERA: REDUVIIDAE).....	11
2.2	Artigo 2- ANATOMIA E HISTOLOGIA DO SISTEMA REPRODUTOR MASCULINO E OVÁRIOS DE <i>Atopozelus opsimus</i> ELKINS, 1954 (HETEROPTERA: REDUVIIDAE).....	23
<b>3</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ordem Hemiptera é a maior e mais diversa entre insetos hemimetábolos (Gillott, 2005; Camargo *et al.*, 2015). Heteroptera é uma de suas quatro subordens, com mais de 42.000 espécies com hábitos terrestre, aquático e semiaquático (Gillott, 2005; Chapman, 2013; Camargo *et al.*, 2015). Além disso, os Heteroptera são conhecidos como percevejos e apresentam aparelho bucal tubular picador-sugador. Essa característica é um sucesso adaptativo, pois confere a capacidade de explorar diferentes recursos e apresentar diferentes hábitos alimentares, como fitofagia, hematofagia e zoofagia (Gillott, 2005; Chapman, 2013; Camargo *et al.*, 2015; Panizzi & Grazia, 2015). Muitos Heteroptera são pragas agrícolas e florestais e alguns são vetores de doenças ao homem e animais domésticos (Gillott, 2005; Camargo *et al.*, 2015). Entretanto, muitas espécies são benéficas e predam insetos pragas, sendo usadas em programas de controle biológico (Barbosa *et al.*, 2021).

O percevejo *Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Hemiptera: Reduviidae), espécie nativa brasileira, preda uma grande variedade de insetos pragas agrícolas e florestais, como *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae), *Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964 (Hemiptera: Aphalaridae), *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, 2004 (Hymenoptera: Eulophidae), *Mastigimas anjosi* Burckhardt (Hemiptera: Calophyidae), *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) e *Thyrintina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) (Dias, 2009; Soliman, 2010; Guillermo-Ferreira *et al.*, 2012; Dias, 2013; Dias *et al.*, 2014; Matos *et al.*, 2019; Souza, 2020; Prado *et al.*, 2022). Esse percevejo também se alimenta em nectários extraflorais (Matos *et al.*, 2019), o que pode garantir sua sobrevivência em momentos de escassez de presas no campo.

Assim como outros Reduviidae, *A. opsimus* apresenta características desejáveis para o controle biológico de pragas, como altas taxas reprodutivas e alta sobrevivência em períodos sem a presa alvo, fácil adaptação ao ambiente e voracidade (Dias, 2009; Dias *et al.*, 2012; Dias, 2013; Dias *et al.*, 2014; Guillermo-Ferreira *et al.*, 2012; Matos *et al.*, 2019; Barbosa *et al.*, 2021). Desse modo, a eficiência dos sistemas digestivo e reprodutor de *A. opsimus* é um fator chave para essas vantagens.

Os órgãos responsáveis pela digestão em insetos são as glândulas salivares e o canal alimentar (Özyurt Koçakoğlu, 2021; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). Heteropteras têm o canal alimentar dividido em três partes: *i* - intestino anterior (faringe, esôfago e proventrículo), *ii* - intestino médio (um a cinco ventrículos) e *iii* - intestino posterior (piloro, reto e ânus) (Chapman, 2013; Özyurt Koçakoğlu, 2021; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). Também

apresentam túbulos de Malpighi entre os intestinos médio e posterior (Klowden, 2007; Özyurt Koçakoğlu, 2021). O epitélio do intestino médio consiste em: células digestivas (maior quantidade) responsáveis pela secreção de enzimas e absorção de nutrientes; células endócrinas que liberam hormônios peptídicos; e células regenerativas capazes de se proliferar, diferenciar-se e substituir outras células (Fialho *et al.*, 2009; Chapman, 2013; Teixeira *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2017). Uma característica do intestino médio dos Hemiptera é a membrana perimicrovilar de natureza lipoproteica, que reveste o lúmen, com função de compartimentalização da digestão e proteção contra patógenos (Terra & Ferreira, 2012; Chapman, 2013; Rost-Roszkowska *et al.* 2017).

Em Heteroptera, o sistema reprodutor feminino apresenta um par de ovários formado por número variável ovaríolos conectados à ovidutos laterais, um oviduto comum, uma espermateca e glândulas acessórias, terminando na câmara genital/vagina (Lundgren, 2011; Kuznetsova *et al.*, 2019; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2023). Essa subordem comumente apresenta ovários meroísticos, em que parte das células germinativas se diferencia em ovócitos e outra parte se diferencia em células nutridoras (ou trofócitos); do tipo telotrófico, no qual as células nutridoras permanecem na câmara trófica e são conectadas aos ovócitos no vitelário por longos cordões e projeções citoplasmáticas, fornecendo material citoplasmático, seguido do transporte de vitelogenina obtida da hemolinfa pelas células foliculares (Assis *et al.*, 2019; Kuznetsova *et al.*, 2019; Araújo *et al.*, 2020a; 2020b). Já o sistema reprodutor masculino é formado por um par de testículos, ligados a ductos deferentes com vesículas seminais, um ducto ejaculatório comum e um par de glândulas acessórias (Chapman, 2013; Oliveira *et al.*, 2021). Os testículos são constituídos por folículos testiculares, compostos por células germinativas circundadas por células somáticas (cistos), onde ocorre a espermatogênese (Elelimy *et al.*, 2017). Machos adultos comumente apresentam folículos preenchidos por cistos em diferentes fases da espermatogênese, indicando produção contínua de espermatozoides (Chapman, 2013; Munhoz *et al.*, 2021).

Todavia, a morfologia do intestino médio e do sistema reprodutor masculino e feminino de *A. opsimus* nunca foram estudados. Essas informações são importantes para conhecer melhor a biologia da espécie e usar esse inseto no controle biológico. Sendo assim, o primeiro artigo dessa dissertação descreve a anatomia e histologia do intestino médio de *A. opsimus* e, o segundo, descreve a anatomia e histologia do sistema reprodutor masculino e feminino, em especial, a formação dos gametas.

## 2 ARTIGOS

### 2.1 Artigo 1 - ANATOMIA E HISTOLOGIA DO INTESTINO MÉDIO DE *Atopozelus opsimus* ELKINS, 1954 (HETEROPTERA: REDUVIIDAE)

Este artigo foi elaborado conforme normas da *Micron*.

Bruna Lisboa Silva<sup>1</sup>, José Eduardo Serrão<sup>2</sup>, Jamile Fernanda Silva Cossolin<sup>3</sup>, Pedro  
Guilherme Lemes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Entomologia Aplicada à Área Florestal, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Universitária, 1000, Bairro Universitário, 39404-547, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, ORCID 0000-0002-7889-0272, brunalisboasilva@yahoo.com.br; ORCID 0000-0002-1364-0424, pedroglemes@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Geral, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, ORCID 0000-0002-0477-4252, jesserrao@ufv.br

<sup>3</sup> Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão, Centro de Referência de Campo Verde- SVC-DECV, Instituto Federal do Mato Grosso, campus São Vicente, 78840-000, Belvedere, Campo Verde- MT, ORCID 000-0001-8608-1726, jamilefscossolin@gmail.com

## RESUMO

*Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Heteroptera: Reduviidae), um predador usado no controle biológico, preda pragas florestais e agrícolas, ainda, além de se alimentar em nectários extraflorais. No entanto, a morfologia do seu intestino médio não é conhecida. Esse estudo teve como objetivo descrever a anatomia e histologia do intestino médio em *A. opsimus*. O canal alimentar de fêmeas e machos de *A. opsimus* foi dissecado, examinado, processado e analisado em microscopia de luz. *Atopozelus opsimus* possui o intestino médio com três ventrículos (V1, V2 e V3) com morfologia igual entre os sexos. No intestino médio, há predominância de células digestivas, em que V1 e V2 evidenciam maior atividade de absorção, digestão e secreção, enquanto V3 evidencia, principalmente, armazenamento, excreção e secreção. O intestino médio de *A. opsimus* é semelhante ao de outros Heteroptera fitófagos, hematófagos e predadores, o que sugere que a dieta não é uma pressão seletiva forte e favorece a teoria de um

ancestral comum para Heteroptera.

**Palavras-chave:** célula digestiva, Hemiptera, intestino médio, microscopia, morfologia, predador.

## 1. Introdução

*Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Heteroptera: Reduviidae) é um predador generalista nativo no Brasil e usado no controle biológico de pragas florestais como *Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphalaridae), *Mastigimas anjosi* Burckhardt *et al.*, 2011 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Calophyidae) e *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) (Dias *et al.*, 2012; Dias *et al.*, 2014; Matos *et al.*, 2019). Além de predador, *A. opsimus* também pode se alimentar em nectários extraflorais (Guillermo-Ferreira *et al.*, 2012). A distribuição, reprodução e alimentação (interação predador-presa) desse inseto foram estudados (Dias *et al.*, 2012; Guillermo-Ferreira *et al.*, 2012; Dias *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2016; Matos *et al.*, 2019), mas a morfologia do intestino médio não é conhecida.

O canal alimentar dos insetos é dividido em três regiões: intestino anterior, médio e posterior (Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). O intestino anterior da subordem Heteroptera (Hemiptera), derivado da ectoderme, apresenta faringe, esôfago e proventrículo (Chapman, 2013; Özyurt Koçakoğlu, 2021; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). O intestino médio, originado da endoderme, é, geralmente, composto por três ou quatro ventrículos (Chapman, 2013; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). O intestino posterior, proveniente da ectoderme, consiste em piloro e reto (Chapman, 2013; Özyurt Koçakoğlu, 2021; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). Túbulos de Malpighi estão inseridos entre os intestinos médio e posterior, como invaginações ectodérmicas (Klowden, 2007; Özyurt Koçakoğlu, 2021).

O intestino médio é o principal responsável pela secreção de enzimas digestivas, digestão e absorção de nutrientes (Chapman, 2013; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). Em Hemiptera, o intestino médio é composto por células digestivas, células endócrinas e células regenerativas (Fialho *et al.*, 2009; Teixeira *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2017). Por sua vez, nos Heteroptera, as células digestivas são as mais numerosas, compreendendo uma camada simples de células colunares, com a superfície apical com microvilosidades e lâmina basal envolta por músculos circulares e longitudinais (Terra & Ferreira, 2012; Teixeira *et al.*, 2013).

Estudos morfológicos ajudam a compreender o funcionamento de um organismo e

auxiliam na identificação e classificação, permitindo comparações entre organismos (Chapman, 2013; Santos *et al.*, 2017; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). Conhecer o intestino médio é importante, pois ele cumpre diversas funções fisiológicas vitais para o inseto, como digerir e absorver nutrientes e água, proteger contra agentes patogênicos e compostos nocivos ingeridos, atuar na osmorregulação e excretar substâncias (Lehane & Billingsley, 2012; Chapman, 2013; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022). Essas funções evoluíram de forma particular em diferentes grupos de organismos, originando diferenças anatômicas e funcionais no intestino médio (Cunha *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2017).

O objetivo deste estudo foi descrever a anatomia e histologia do intestino médio de *A. opsimus* para comparar as estruturas e suas funções com outras espécies de Heteroptera. Esses resultados podem servir como base para futuros estudos sobre seu uso mais efetivo em programas de controle biológico.

## **2. Material e métodos**

Fêmeas e machos adultos de *A. opsimus* coletados em árvores do campus da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil (16° 40' 31" S, 43° 50' 27" W) foram usados para analisar a morfologia interna. Os insetos foram mantidos vivos e alimentados com *Musca domestica* L., 1758 (Diptera: Muscidae), açúcar e água até serem enviados ao Laboratório de Ultraestrutura Celular, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, onde foram imobilizados a frio (-5° C) por 4 min e dissecados.

### **2.1. Anatomia**

O canal alimentar foi dissecado em solução fisiológica para insetos (0,1M NaCl + 0,1M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 0,1M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) pH 7,2 e transferido para paraformaldeído 4% por 4 horas para análise anatômica. Após este período, as amostras foram lavadas com a mesma solução fisiológica e os sistemas digestivos de fêmeas e machos foram analisados e fotografados em estereomicroscópio (Leica) com câmera acoplada.

### **2.2. Histologia**

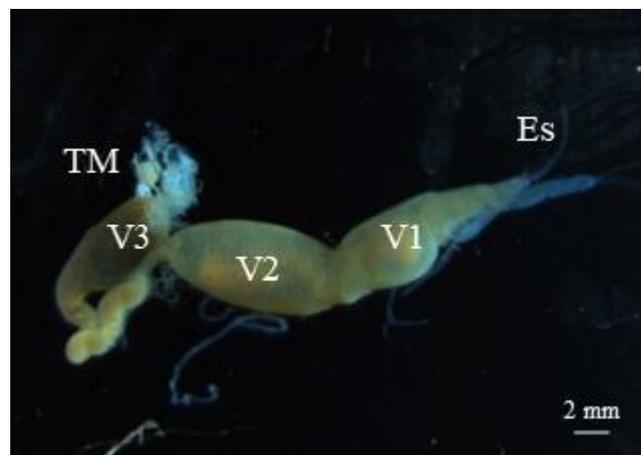
Os intestinos médios dos insetos foram lavados com solução fisiológica (0,1M NaCl + 0,1M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 0,1M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) pH 7,2 e desidratadas em série gradual de etanol (70, 80,

90 e 95%). Após a fixação, foram embebidos em historesina Leica, seguindo as instruções do fabricante. Secções de 3  $\mu\text{m}$  de espessura foram obtidas com navalhas de vidro em micrótomo Leica RM 2255, coradas com hematoxilina e eosina, montadas com Entellan<sup>®</sup> sob lamínula de vidro, analisadas e fotografadas em microscópio de luz Olympus BX-60.

### 3. Resultados

#### 3.1. Anatomia

A morfologia do intestino foi semelhante entre fêmeas e machos e, por isso, a descrição foi feita em conjunto. O canal alimentar de *A. opsimus* é formado por intestino anterior, intestino médio e intestino posterior (removido na dissecação) de coloração amarelada (Figura 1).



**Figura 1.** Canal alimentar de *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae). O esôfago (Es) pode ser observado no intestino anterior; a divisão em três ventrículos (V1, V2 e V3) no intestino médio; túbulos de Malpighi (TM) entre os intestinos médio e posterior.

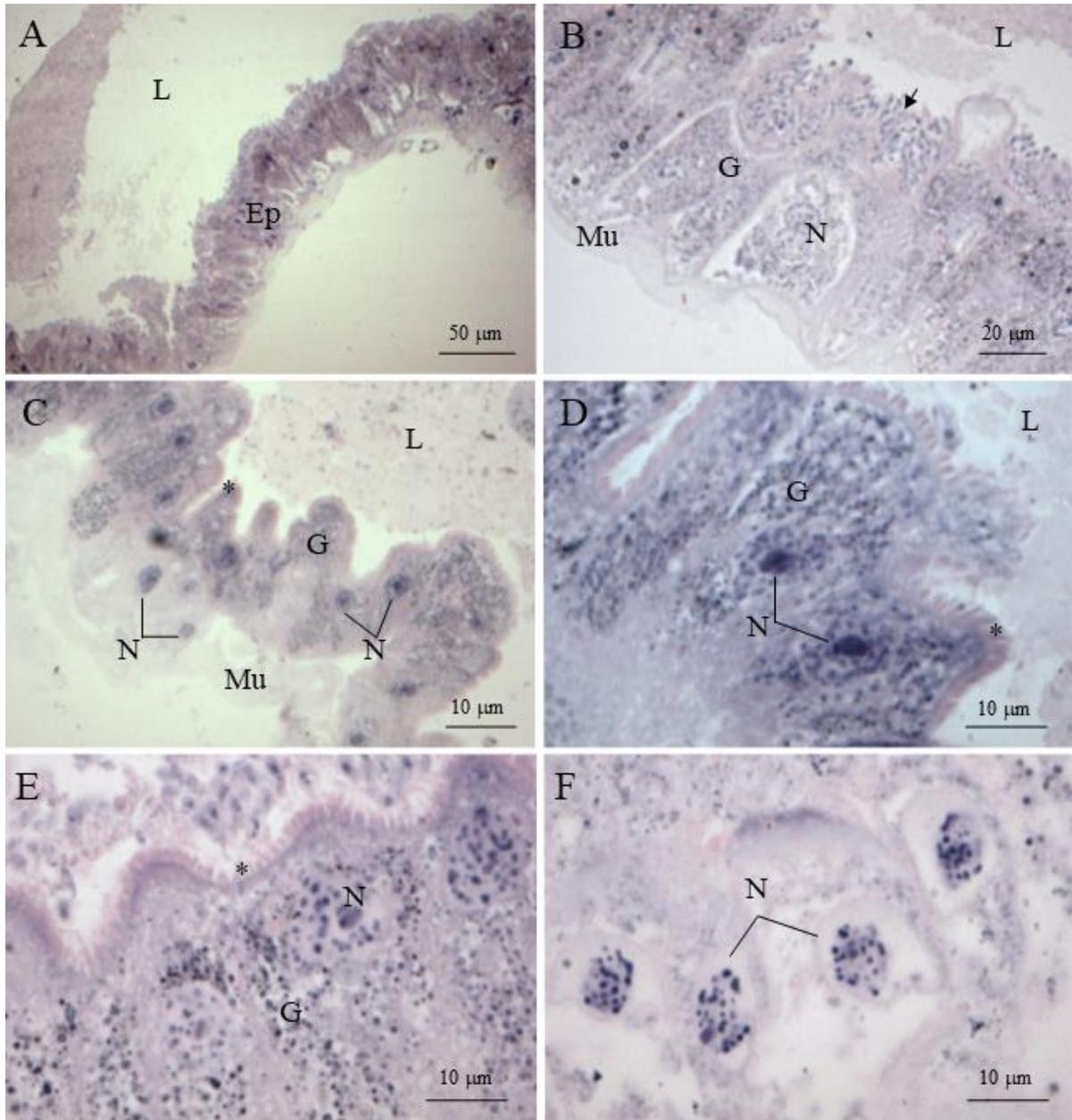
O intestino anterior é formado por faringe e esôfago, sendo este tubular, longo e estreito (Figura 1). O intestino médio é a maior parte do canal alimentar de *A. opsimus* e tem três regiões (ventrículos) distintas, denominadas V1, V2 e V3. O primeiro ventrículo (V1) se inicia estreito e se expande até atingir forma de saco oval; o segundo ventrículo (V2) compreende a forma de saco mais alongado; e o terceiro ventrículo (V3) exibe formato tubular fino e longo no início, com a última porção em forma de saco oval (Figura 1). Entre os intestinos médio e posterior estão dois túbulos de Malpighi, com aparência emaranhada, coloração esbranquiçada e

terminação em fundo cego (Figura 1).

### **3.2. Histologia**

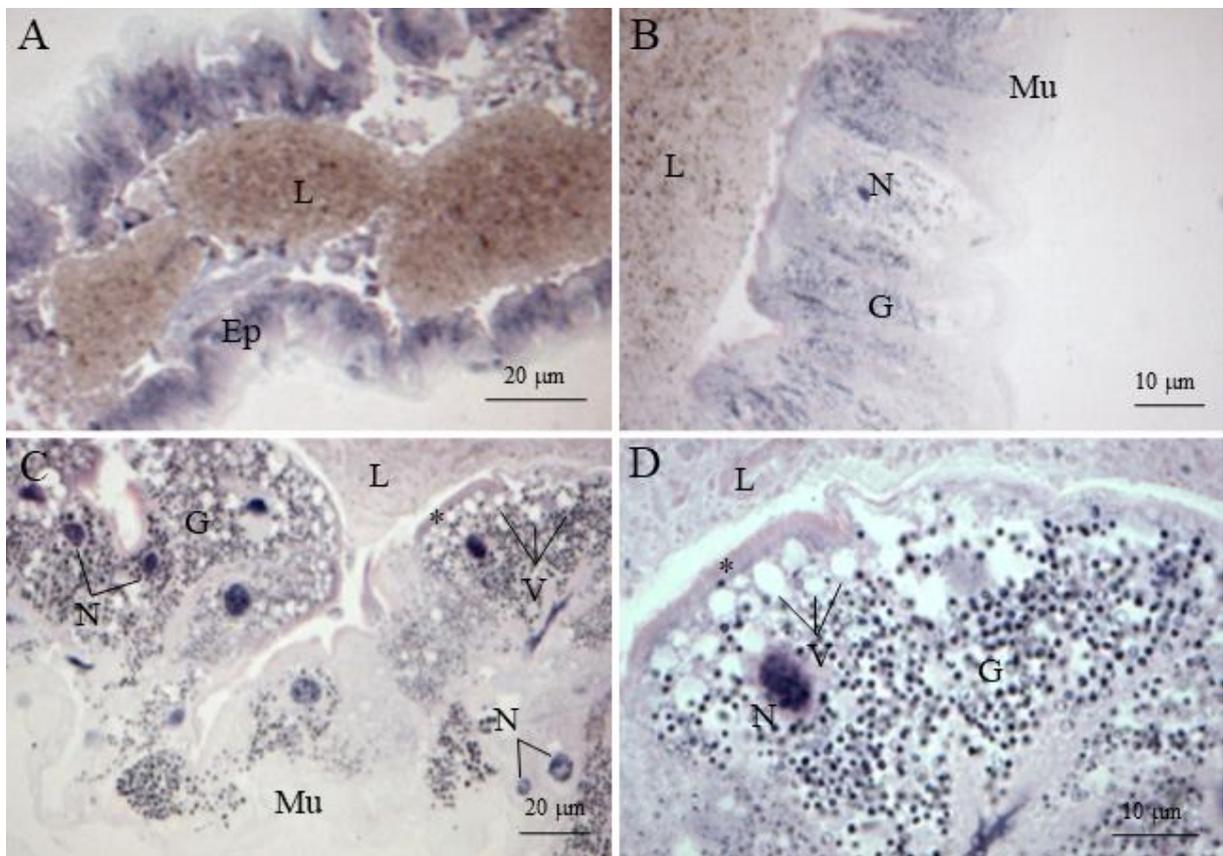
O intestino médio de fêmeas e machos de *A. opsimus* são formados por epitélio simples, separado do lúmen intestinal por múltiplas camadas da membrana perimicrovilar e circundado externamente por camada muscular (Figuras 2 A e 3 A).

Os ventrículos V1 e V2 são similares, com epitélio composto por células digestivas colunares (Figuras 2 A e D). O citoplasma possui muitos grânulos basófilos (Figuras 2 B, C, D e E), núcleo esférico próximo a região apical rico em cromatina descondensada com alguns grumos de cromatina condensada, com nucléolo evidente (Figuras 2 B e F). A superfície apical das células digestivas possui borda estriada longa, associada à membrana perimicrovilar (Figuras 2 C, D e E), secretando material digestivo no lúmen (Figuras 2 B e E). A região basal do epitélio está sobre uma fina lâmina basal, seguida de músculo longitudinal (Figuras 2 A, B e C).



**Figura 2.** Cortes histológicas transversais do primeiro e segundo ventrículos (V1 e V2) de *Atopozelus opsimus*. **A-** Epitélio (Ep) simples envolvendo o lúmen (L) intestinal. **B-** Epitélio colunar com grânulos basófilos (G) no citoplasma e núcleo (N) esférico. Secreção de material digestivo (seta) entre a região apical da célula e o lúmen (L). A base do epitélio se deita sobre uma fina lâmina basal coberto por músculo (Mu) longitudinal. **C-** Epitélio colunar com o citoplasma repleto de grânulos basófilos (G) e núcleos (N) bem definidos. Lúmen (L) envolto pela região apical das células, com borda estriada (\*) regular. Fina lâmina basal com espessa camada de músculo (Mu) longitudinal. **D-** Epitélio colunar com citoplasma preenchido de grânulos basófilos (G) e núcleos (N) ovais. Região apical com borda estriada (\*) longa e regular. **E-** Epitélio com citoplasma repleto de grânulos basófilos (G), e núcleo (N) presente na região mais apical da célula. Borda estriada (\*) com material digestivo sendo secretado no lúmen intestinal. **F-** Detalhe dos núcleos (N) contendo nucléolos bem definidos e grânulos de cromatina condensada.

O terceiro ventrículo (V3) de machos e fêmeas compreende a parte mais estreita no início, com dobras em seu comprimento (Figura 3 A), sendo formado por epitélio simples de células digestivas colunares (Figuras 3 B e C), com núcleo esférico posicionado na região apical da célula (Figuras 3 B, C e D), muitos grânulos basófilos e vesículas no citoplasma (Figuras 3 B, C e D). A região apical das células apresentou borda estriada curta e irregular e traços de membrana perimicrovilar (Figuras 3 C e D). O epitélio repousa sobre uma fina lâmina basal, com uma camada de músculo longitudinal que o reveste externamente (Figuras 3 B e C).



**Figura 3.** Cortes histológicos transversais do terceiro ventrículo (V3) de *Atopozelus opsimus*. **A-** Epitélio (Ep) simples colunar com dobras revestindo o lúmen (L). **B-** Células colunares com grânulos basófilos (G) e núcleo (N) esférico. Base do epitélio repousado sobre fina lâmina basal, revestida externamente por músculo (Mu) longitudinal. **C-** Epitélio colunar em região de dobras intestinais, contendo células digestivas revestindo o lúmen (L), com o citoplasma contendo muitos grânulos basófilos (G) e núcleo (N) esférico grande, presença de vesículas (V) próximas a região apical. Região apical contendo borda estriada (\*) irregular. Região basal com uma camada de músculo (Mu) longitudinal. **D-** Detalhe das células digestivas mostrando que o citoplasma celular possui muitos grânulos basófilos (G); núcleo (N) deslocado para a porção apical da célula, e vesículas (V) localizadas abaixo da membrana apical. Região apical com borda estriada (\*) curta e irregular.

## 4. Discussão

### 4.1 Anatomia

*Atopozelus opsimus* possui o canal alimentar dividido em intestino anterior, intestino médio e intestino posterior, similares nos dois sexos. As características anatômicas do canal alimentar de *A. opsimus* são semelhantes às de outros Heteroptera (Habibi *et al.*, 2008; Azevedo *et al.*, 2009; Mehrabadi *et al.*, 2012; Rost-Roszkowska *et al.*, 2017; Özyurt Koçakoğlu, 2021; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022).

O intestino anterior de *A. opsimus* é curto e consiste em faringe e esôfago. Essa característica também é observada em outras espécies, como *Carpocoris mediterraneus* Tamanini, 1958 (Heteroptera: Pentatomidae) (Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022), *Eurygaster integriceps* Puton, 1881 (Heteroptera: Scutelleridae) (Mehrabadi *et al.*, 2012) e *Lygus hesperus* Knight (Heteroptera: Miridae) (Habibi *et al.*, 2008). O esôfago em forma de tubo, fino, longo e semitransparente é característico de Heteroptera (Habibi *et al.*, 2008; Mehrabadi *et al.*, 2012; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022).

O intestino médio de *A. opsimus* apresenta três ventrículos. Essa organização é relatada nos percevejos hematófagos *Cimex hemipterus* Fabricius, 1803 (Azevedo *et al.*, 2009), *Cimex lectularius* Linnaeus, 1758 e *Cimex pipistrelli* Jenyns, 1839 (Heteroptera: Cimicidae) (Rost-Roszkowska *et al.*, 2017) e no fitófago *L. hesperus* (Habibi *et al.*, 2008). Porém, o número de regiões que compõem o intestino médio pode variar, como nos fitófagos *C. mediterraneus* (Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022), *E. integriceps* (Mehrabadi *et al.*, 2012) e *Pyrrhocoris apterus* Linnaeus, 1758 (Heteroptera: Pyrrhocoridae) (Özyurt Koçakoğlu, 2021) que possuem quatro ventrículos, enquanto o fitófago *Scaptocoris castanea* Perty, 1830 (Heteroptera: Cydnidae) (Cossolin *et al.*, 2020) apresenta cinco ventrículos, sendo o último (V5) diferente entre fêmeas e machos. Insetos sugadores são adaptados à dieta líquida, com o alimento passando, de forma rápida, pelo intestino (Cossolin *et al.*, 2020). Desse modo, é provável que a presença de três ventrículos em *A. opsimus* seja para otimizar a digestão.

*Atopozelus opsimus* têm dois túbulos de Malpighi, com coloração esbranquiçada e aparência emaranhada. *Carpocoris mediterraneus* (Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022) também apresenta dois túbulos de Malpighi, porém sua coloração é amarelada com a extremidade proximal em forma de um canal reto, enquanto as partes distais são emaranhadas. Já *P. apterus* (fitófago) e *Triatoma infestans* Klug, 1834 (Heteroptera: Reduviidae) (hematófago) possuem quatro túbulos de Malpighi (Mello & Dolder, 1977; Özyurt Koçakoğlu,

2021). Os túbulos de Malpighi apresentam diversidade em número, morfologia e arranjo entre as espécies de Heteroptera, característica essa relevante para a taxonomia do grupo (Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022).

## 4.2 Histologia

O intestino médio de *A. opsimus* possui epitélio colunar simples constituído por células digestivas, como descrito para o fitófago *Odontopus nigricornis* Stal (Heteroptera: Pyrrhocoridae) (Rastogi, 1964) e o hematófago *Triatoma vitticeps* Stal, 1859 (Heteroptera: Reduviidae) (Rocha *et al.*, 2010). Células endócrinas e regenerativas também puderam ser encontradas no intestino médio em *A. opsimus*, mas sua identificação segura só será possível através de testes histoquímicos e ultraestruturais. As células do intestino médio de *A. opsimus* apresentam núcleo desenvolvido com predominância de cromatina condensada (principalmente em V1 e V2) e nucléolo. Isso evidencia uma alta atividade metabólica (por exemplo absorção, digestão e secreção), como encontrado no hematófago *T. vitticeps* (Rocha *et al.*, 2010), nos fitófagos *C. mediterraneus* (Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2022), *Coptosoma scutellatum* Geoffroy, 1785 (Heteroptera: Plataspidae) e *Graphosoma lineatum* OF Müller, 1766 (Heteroptera: Pentatomidae), e no predador *Rhynocoris iracundus* Poda, 1761 (Heteroptera: Reduviidae) (Santos *et al.*, 2017). No citoplasma celular, há presença de muitos grânulos escuros, como relatado em *S. castânea* (Cossolin *et al.*, 2020) e, em V3, vesículas de diferentes tamanhos, como em *T. vitticeps* (Rocha *et al.*, 2010), indicando que esse tipo celular está envolvido em funções de absorção, armazenamento, excreção e secreção.

*Atopozelus opsimus* apresenta diferença no comprimento da borda estriada das células digestivas: em V1 e V2 elas são longas e contínuas, enquanto, em V3, curtas e irregulares. A borda estriada presente em células epiteliais do intestino médio é importante na absorção de nutrientes (Fialho *et al.*, 2009; Teixeira *et al.*, 2013). A morfologia da borda estriada presente em *A. opsimus*, principalmente em V1 e V2, sugerem maior taxa de absorção nessas regiões, semelhante ao relatado para o predador *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) (Fialho *et al.*, 2009). Entre o lúmen intestinal e a borda estriada, *A. opsimus* apresenta membrana perimicrovilar. A membrana perimicrovilar é uma estrutura comumente encontrada em Hemiptera responsável pela absorção de nutrientes essenciais da dieta diluída (Terra, 1990; Terra & Ferreira, 2012).

O intestino médio de *A. opsimus* possui fina camada de músculos longitudinais semelhante à de *P. apterus* (Özyurt Koçakoğlu, 2021). *Atopozelus opsimus* se alimenta de

materiais fluidos e, provavelmente, por isso têm camadas musculares pouco desenvolvidas, diferente de insetos que se alimentam de sólidos, que apresentam camadas musculares e tecidos conjuntivos bem desenvolvidos (Mehrabadi *et al.*, 2012; Özyurt Koçakoğlu, 2021). As características encontradas no epitélio do intestino médio de *A. opsimus* e suas semelhanças com outros Heteroptera sugerem que a dieta não foi uma forte pressão seletiva para determinar diferentes características na estrutura e formação do intestino médio das espécies desse grupo. Isso reforça que esse grupo teve origem em um ancestral comum (Terra *et al.*, 1998; Santos *et al.*, 2017).

## 5. Conclusão

A morfologia do intestino médio de *A. opsimus* descrita aqui, pela primeira vez, mostrou que as células digestivas são multifuncionais, em que V1 e V2 evidenciam maior atividade de absorção, digestão e secreção, enquanto V3 evidencia, principalmente, armazenamento, excreção e secreção. As características anatômicas do intestino médio de *A. opsimus* são semelhantes às de outros Heteroptera fitófagos, hematófagos e predadores, o que sugere que a dieta não foi uma pressão seletiva para determinar diferentes características nas células digestivas do intestino médio, o que reforça a origem de um ancestral comum nesses insetos.

## Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelas agências de pesquisa brasileiras Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Projeto 424823/2018-7), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

## Referências

AZEVEDO, D. O.; NEVES, C. A.; MALLET, J. R. S.; GONÇALVES, T. C. M.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Notes on Midgut Ultrastructure of *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 46, n. 3, p. 435-441, 2009.

CHAPMAN, R. F. *Insects: structure and function*, 5. Edn. Cambridge University Press, New York, 2013.

COSSOLIN, J. F. S.; LOPES, D. R. G.; MARTÍNEZ, L. C.; SANTOS, H. C. P.; FIAZ, M.;

PEREIRA, M. J. B.; VIVAN, L. M.; MANTOVANI, H. C.; SERRÃO, J. E. Morphology and composition of the midgut bacterial community of *Scaptocoris castanea* Perty, 1830 (Hemiptera: Cydnidae). **Cell and Tissue Research**, v. 382, p. 337-349, 2020.

CUNHA, F. M.; CAETANO, F. H.; WANDERLEY-TEIXEIRAC, V.; TORRES, J. B.; TEIXEIRA, A. A. C.; ALVES, L. C. Ultra-structure and histochemistry of digestive cells of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) fed with prey reared on Bt-cotton. **Micron**, v. 43, p. 245-250, 2012.

DIAS, T. K. R.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P.; BARBOSA, L. R.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Predation of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) by *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) in Brazil. **Invertebrate Survival Journal**, v. 11, p. 224-227, 2014.

DIAS, T. K. R.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P.; GIL-SANTANA, H. R.; ZACHÉ, B. Occurrence of *Atopozelus opsimus* preying on nymphs and adults of *Glycaspis brimblecombei*. **Phytoparasitica**, n. 40, p. 137-141, 2012.

FIALHO, M. C. Q.; ZANUNCIO, J. C.; NEVES, C. A.; RAMALHO, F. S.; SERRÃO, J. E. Ultrastructure of the digestive cells in the midgut of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) after different feeding periods on prey and plants. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 102, n. 1, p. 119-127, 2009.

GUILLERMO-FERREIRA, R.; CARDOSO-LEITE, R.; GANDOLFO, R. First observation of alternative food usage (extrafloral nectar) by the assassin bug *Atopozelus opsimus* (Hemiptera, Reduviidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 4, p. 489-491, 2012.

HABIBI, J.; COUDRON, T. A.; BACKUS, E. A.; BRANDT, S. L.; WAGNER, R. M.; WRIGHT, M. K.; HUESING, J. E. Morphology and histology of the alimentary canal of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Cimicomorpha: Miridae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 101, n. 1, p. 159-171, 2008.

KLOWDEN, M. J. **Physiological Systems in Insects**. 2ed. San Diego, USA: Academic Press, 2007.

MATOS, M. F.; D'ÁVILA, V. A.; LEMES, P. G.; ZANUNCIO, A. J. V.; ZANUNCIO, J. C. *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) Preying on *Mastigimas anjosi* (Hemiptera: Calophyidae), a pest of tropical cedar, *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **Florida Entomologist**, v. 102, n. 2, p. 447-450, 2019.

MEHRABADI, M.; BANDANI, A. R.; ALLAHYARI, M.; SERRÃO, J. E. The Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) digestive tract: Histology, ultrastructure and its physiological significance. **Micron**, v. 43, n. 5, p. 631-637, 2012.

MELLO, M. L. S.; DOLDER, H. Fine structure of the Malpighian tubes in the blood-sucking insect, *Triatoma infestans* Klug. **Protoplasma**, v. 93, p. 275-288, 1977.

ÖZYURT KOÇAKOĞLU, N. Morphology and histology of the alimentary canal, salivary glands and Malpighian tubules in *Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pyrrhocoridae): a scanning electron and light microscopies study. **International Journal of**

**Tropical Insect Science**, v. 41, n. 2, p. 1845-1862, 2021.

ÖZYURT KOÇAKOĞLU, N.; CANDAN, S. Ultrastructural characterization of salivary glands, alimentary canal and malpighian tubules of the red shield bug *Carpocoris mediterraneus* Tamanini, 1958 (Heteroptera, Pentatomidae). **Microscopy and Microanalysis**, v. 28, n. 824-836, 2022.

RASTOGI, S. C. Studies on the digestive system of *Odontopus nigricornis* Stal (Hemiptera, Pyrrhocoridae). **Tijdschrift voor Entomologie**, v. 107, p. 265-275, 1964.

ROCHA, L. L. V.; NEVES, C. A.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Digestive cells in the midgut of *Triatoma vitticeps* (Stal, 1859) in different starvation periods. **Comptes Rendus Biologies**, v. 333, n. 5, p. 405-415, 2010.

ROST-ROSZKOWSKA, M. M.; VILIMOVA, J.; WŁODARCZYK, A.; SONAKOWSKA, L.; KAMIŃSKA, K.; KASZUBA, F.; MARCHEWKA, A.; SADÍLEK, D. Investigation of the midgut structure and ultrastructure in *Cimex lectularius* and *Cimex pipistrelli* (Hemiptera: Cimicidae). **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 45-57, 2017.

SANTOS, H. P.; ROST-ROSZKOWSKA, M.; VILIMOVA, J.; SERRÃO, J. E. Ultrastructure of the midgut in Heteroptera (Hemiptera) with different feeding habits. **Protoplasma**, v. 254, n. 4, p. 1743-1753, 2017.

SILVA, F. W. S.; SERRÃO, J. E.; ELLIOT, S. L. Density-dependent prophylaxis in primary anti-parasite barriers in the velvetbean caterpillar. **Ecological Entomology**, v. 41, p. 451-458, 2016.

TEIXEIRA, A. D.; FIALHO, M. C. Q.; ZANUNCIO, J. C.; RAMALHO, F. S.; SERRÃO, J. E. Degeneration and cell regeneration in the midgut of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) during post-embryonic development. **Arthropod Structure & Development**, v. 42, n. 3, p. 237-246, 2013.

TERRA, W. R. Evolution of digestive systems of insects. **Annual Review of Entomology**, v.35, p. 181-200, 1990.

TERRA, W. R.; FERREIRA, C. Biochemistry and Molecular Biology of Digestion. In: GILBERT, L. I. (Org.). **Insect Molecular Biology and Biochemistry**. Academic Press, 2012. P. 365-418.

TERRA, W. R. Physiology and biochemistry of insect digestion. An evolutionary perspective. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, n. 21, p. 675-734, 1988.

ZHANG, G.; HART, E. R.; WEIRAUCH, C. A taxonomic monograph of the assassin bug genus *Zelus Fabricius* (Hemiptera: Reduviidae): 71 species based on 10,000 specimens. **Biodiversity Data Journal**, v. 4, n. e8150, p. 1-356, 2016.

## 2.2 Artigo 2 - ANATOMIA E HISTOLOGIA DO SISTEMA REPRODUTOR MASCULINO E OVÁRIOS DE *Atopozelus opsimus* ELKINS, 1954 (HETEROPTERA: REDUVIIDAE)

Este artigo foi elaborado conforme normas da *Micron*.

Bruna Lisboa Silva<sup>1</sup>, José Eduardo Serrão<sup>2</sup>, Jamile Fernanda Silva Cossolin<sup>3</sup>, Pedro Guilherme Lemes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Entomologia Aplicada à Área Florestal, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Universitária, 1000, Universitário, 39404-547, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, ORCID 0000-0002-7889-0272, brunalisboasilva@yahoo.com.br; ORCID 0000-0002-1364-0424, pedroglemes@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Geral, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, ORCID 0000-0002-0477-4252, jesserrao@ufv.br

<sup>3</sup> Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão, Centro de Referência de Campo Verde- SVC-DECV, Instituto Federal do Mato Grosso, campus São Vicente, 78840-000, Belvedere, Campo Verde- MT, ORCID 000-0001-8608-1726, jamilefscossolin@gmail.com

### RESUMO

*Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Heteroptera: Reduviidae), nativo do Brasil, é usado como agente de controle biológico devido à ampla gama de pragas florestais que se alimenta, porém, dados sobre sua biologia são limitados. Esse estudo teve como objetivo descrever a anatomia e histologia do sistema reprodutor masculino e ovários, em especial, a formação dos gametas. Sistemas reprodutores de fêmeas e machos foram dissecados e examinados, bem como processados e analisados em microscopia de luz. Fêmeas de *Atopozelus opsimus* apresentam um par de ovários do tipo meroístico-telotrófico com sete ovaríolos cada, com produção contínua de ovócitos; dois ovidutos laterais, um oviduto comum, duas espermatecas de cor amarela e câmara genital. Os machos apresentam um par de testículos com sete folículos cada, recobertos por bainha peritoneal transparente, com produção contínua de espermatozoides; dois ductos deferentes com vesículas seminais de cor amarela, um par de glândulas acessórias ectadenias e ducto ejaculatório. A quantidade de folículos testiculares que *A. opsimus* apresenta

o caracteriza como mais semelhante ao ancestral.

**Palavras-chave:** biologia reprodutiva, controle biológico, espermateca, Hemiptera, ovário, testículo.

## 1. Introdução

*Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Heteroptera: Reduviidae), nativo do Brasil, preda pragas florestais como *Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphalaridae), *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) e *Mastigimas anjosi* Burckhardt *et al.*, 2011 (Hemiptera: Calophyidae) (Dias *et al.*, 2012; Dias *et al.*, 2014; Matos *et al.*, 2019). A distribuição, reprodução e alimentação desse inseto foram estudados, impulsionados por seu potencial em programas de manejo integrado de pragas (Dias *et al.*, 2012; Guillermo-Ferreira *et al.*, 2012; Dias *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2016; Matos *et al.*, 2019), mas sua morfologia interna, em especial os sistemas reprodutores, é desconhecida.

Conhecer o sistema reprodutor dos insetos é importante para compreender a biologia reprodutiva, o ciclo de vida, o desenvolvimento, a evolução, a filogenia, a taxonomia e a aplicação em programas de controle biológico e manejo integrado de pragas (Túle *et al.*, 2018; Özyurt Koçaköglu *et al.*, 2019; Kuznetsova *et al.*, 2019; Araújo *et al.*, 2020a). Apesar de existir pouca diferença em espécies proximalmente relacionadas, podem ocorrer variações na morfologia do sistema reprodutor de insetos (Candan *et al.*, 2018; Araújo *et al.*, 2020a).

Fêmeas da subordem Heteroptera geralmente apresentam um par de ovários formado por um número variável de ovaríolos, ligados a ovidutos laterais, que se conectam a um oviduto comum, câmara genital/vagina, uma espermateca e glândulas acessórias (Lundgren, 2011; Kuznetsova *et al.*, 2019). A ovogênese ocorre nos ovaríolos e, nessa subordem, são do tipo meroístico-telotrófico, em que células nutridoras fornecem material citoplasmático aos ovócitos através de cordões e projeções citoplasmáticas e, seguido do transporte de vitelogenina obtida da hemolinfa pelas células foliculares (Assis *et al.*, 2019). Quando o acúmulo de vitelo se aproxima do fim, as células foliculares produzem proteínas que irão compor o envelope vitilínico e o córion (Kugler *et al.*, 2006; Chapman, 2013). Os ovaríolos geralmente apresentam quatro regiões: filamento terminal (suporte na sustentação dos ovários), trofário (onde estão os trofócitos ou células nutridoras), vitelário (local de crescimento dos ovócitos) e pedicelo (liga os ovaríolos ao ovidutos laterais) (Lemos *et al.*, 2010b; Elelimy *et al.*, 2017b).

Os machos de Heteroptera apresentam um par de testículos composto por folículos testiculares de várias formas e quantidades, ligados a ductos deferentes que podem apresentar vesículas seminais, um ducto ejaculatório e um par de glândulas acessórias (Novais *et al.*, 2017; Candan *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2021; Munhoz *et al.*, 2021; 2022; Gomes *et al.*, 2023). A espermatogênese acontece nos folículos testiculares, onde localizam-se as células germinativas circundadas por células somáticas (cistos) (Lemos *et al.*, 2005).

O desenvolvimento de estratégias eficazes para a criação massal e o uso de *A. opsimus* no controle biológico é um desafio devido à baixa disponibilidade de informações sobre sua biologia. Desse modo, para compreender melhor a biologia reprodutiva de *A. opsimus* e auxiliar no controle biológico de pragas, o presente estudo descreve, pela primeira vez, a anatomia e histologia do sistema reprodutor masculino e ovários, comparando-os com os de outros Heteroptera.

## **2. Material e métodos**

Fêmeas e machos adultos de *A. opsimus* foram coletados em árvores do campus da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil (16° 40' 31.472" S, 43° 50' 27.053" W) mantidos vivos em gaiolas e alimentados com *Musca domestica* L., 1758 (Diptera: Muscidae), açúcar e água. Os percevejos foram levados ao Laboratório de Ultraestrutura Celular da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, onde foram imobilizados a frio (-5° C) por quatro minutos e dissecados.

### **2.1. Anatomia**

Os sistemas reprodutores das fêmeas e machos foram dissecados em solução fisiológica (0,1M NaCl + 0,1M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 0,1M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) pH 7,2 e transferidos para paraformaldeído 4% por 4 h para análise anatômica. Após este período, as amostras foram lavadas com a mesma solução fisiológica e os sistemas reprodutores de ambos os sexos foram fotografados em microscópio esteremicroscópico (Leica) com câmera acoplada.

### **2.2. Histologia**

Os ovários foram dissecados em solução fisiológica (0,1M NaCl + 0,1M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 0,1M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) pH 7,2 e transferidos para paraformaldeído 4% por quatro horas. Os abdômes

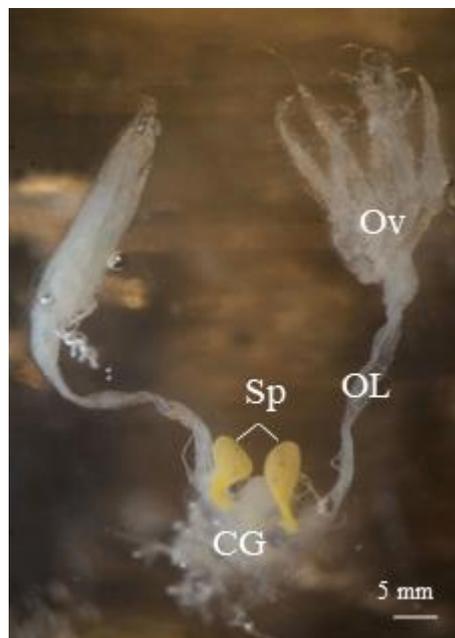
dos machos foram separados do tórax e diretamente transferidos para paraformaldeído 4% por quatro horas. Após este período, as amostras foram lavadas com solução fisiológica, desidratadas em série gradual de etanol (70, 80, 90 e 95%) e embebidas em historesina (Leica) seguindo instruções do fabricante. Secções com 3  $\mu\text{m}$  de espessura foram obtidos em micrótomo Leica RM 2255 com navalhas de vidro e corados com hematoxilina e eosina. As amostras foram montadas com meio de montagem Entellan<sup>®</sup> sob lamínula de vidro, analisadas e fotografadas em microscopia de luz (Olympus BX-60).

### 3. Resultados

#### 3.1. Sistema reprodutor feminino

##### 3.1.1. Anatomia

O sistema reprodutor feminino de *A. opsimus* é composto por um par de ovários com sete ovariolos alongados cada, ligados a ovidutos laterais cilíndricos e longos, que se unem a um oviduto comum curto, com duas espermatecas esféricas de cor amarela inseridas na região proximal, seguindo para a câmara genital (Figura 1).

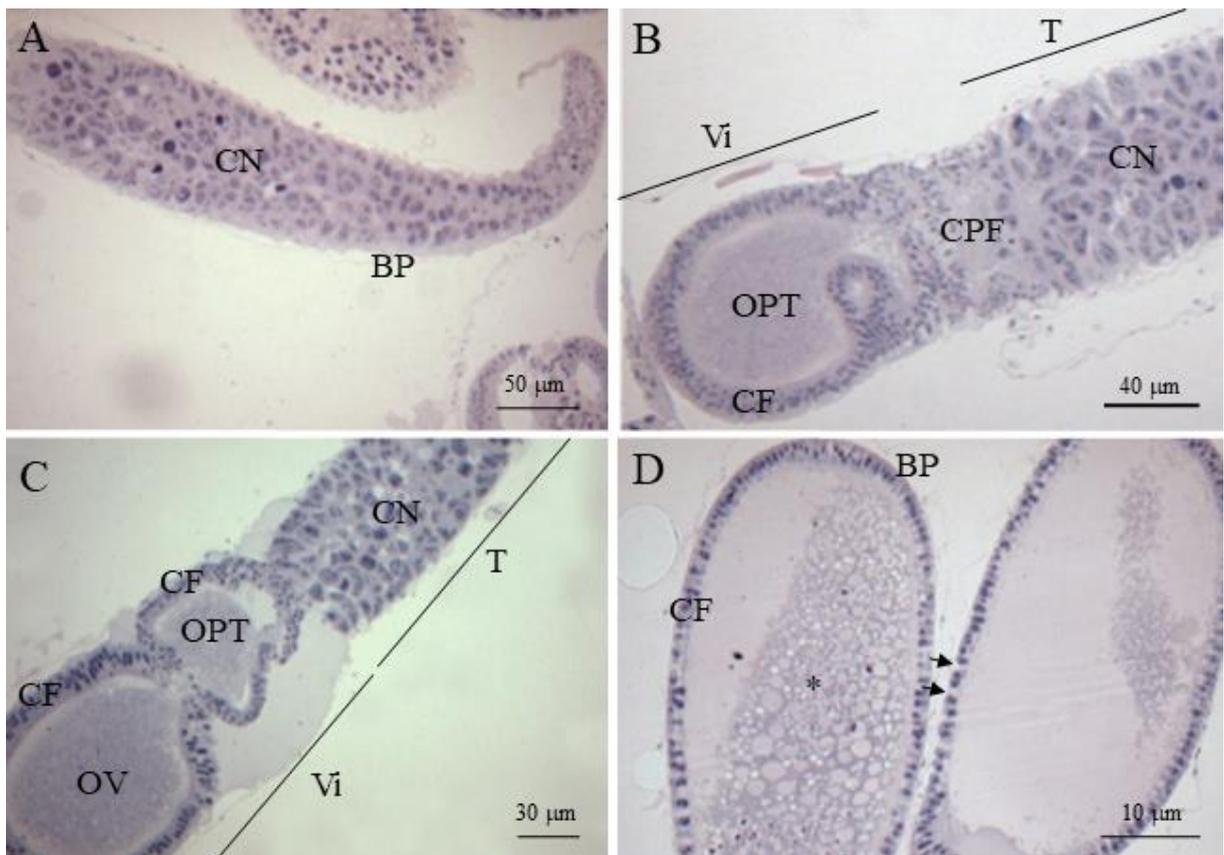


**Figura 1.** Sistema reprodutor feminino de *Atopozelus opsimus* composto por um par de ovários formado por sete ovariolos (Ov) cada, ligados aos ovidutos laterais (OL), unindo-se ao oviduto comum, desembocando na câmara genital (CG). Um par de espermatecas (Sp) amarelas está inserido na região

proximal do oviduto comum.

### 3.1.2. Histologia

Os ovaríolos são do tipo meroístico-telotrófico, circundados por bainha peritoneal (tecido conjuntivo) transparente e compostos por filamento terminal (unidos na região distal), trofário, vitelário e pedicelo (Figuras 3 A, B, C e D). A área do trofário é curta (em relação ao vitelário) e apresenta células germinativas em diferenciação e células nutridoras (Figuras 3 A, B e C). Células pré-foliculares foram observadas na região entre trofário e vitelário (Figura 3 B).



**Figura 3.** Cortes histológicos longitudinais dos ovaríolos de *Atopozelus opsimus*. **A-** Trofário com células germinativas em diferenciação e células nutridoras (CN), circundado por bainha peritoneal (BP). **B-** Trofário (T) preenchido por células nutridoras (CN). Região entre trofário (T) e vitelário (Vi) com células pré-foliculares (CPF). Vitelário (Vi) com ovócitos em estágio pré-telogênico (OPT) recoberto por camada folicular (CF). **C-** Trofário (T) composto por células nutridoras (CN); vitelário (Vi) com ovócitos pré-telogênico (OPT) circundado por camada folicular (CF), e ovócitos vitelogênicos (OV) circundados por folículos colunares. **D-** Ovócitos coreogênicos com grânulos de vitelo (\*) em seu interior, circundados por camada folicular (CF) com núcleos bem definidos, aumentando o espaço

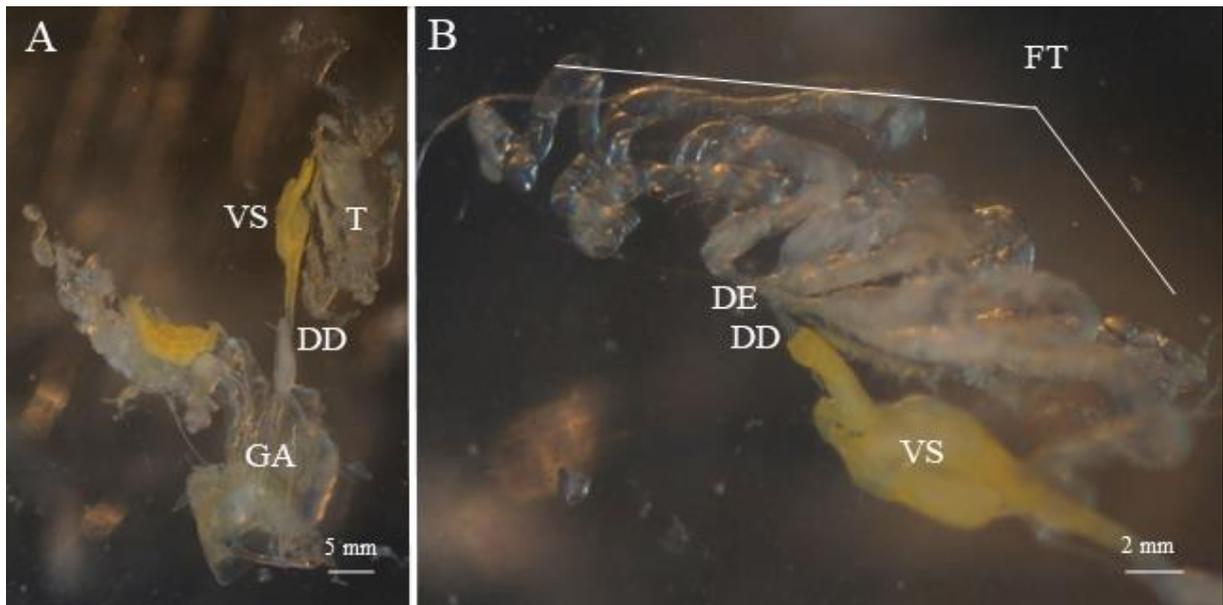
intracelular (seta). Bainha peritoneal (BP).

O vitelário apresenta ovócitos em diferentes estágios de desenvolvimento (pré-telogênicos, vitelogênicos e coreogênicos) em arranjo linear (Figuras 3 B, C e D). Os ovócitos em estágio pré-telogênicos localizam-se na região terminal do vitelário, com uma camada de células foliculares de núcleos em diferentes posições (Figura 3 B e C). Os ovócitos vitelogênicos, localizados na região mediana do vitelário, eram circundados por células foliculares colunares (Figura 3 C). Os ovócitos em estágio coreogênico na região proximal do vitelário apresentaram aumento do volume de reservas vitelogênicas e espaços intracelulares alargados (Figura 3 D).

## **3.2. Sistema reprodutor masculino**

### *3.2.1. Anatomia*

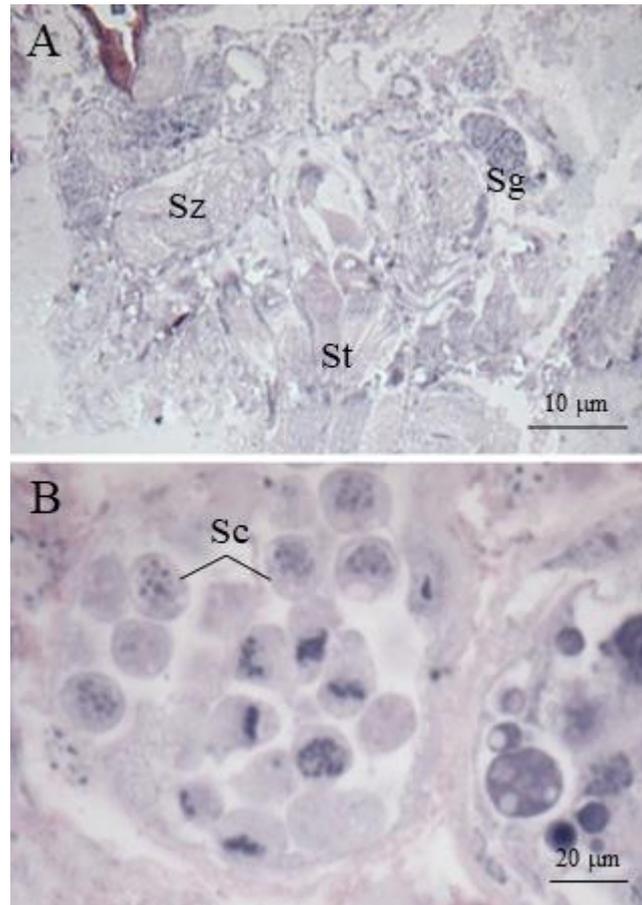
O sistema reprodutor masculino de *A. opsimus* é formado por um par de testículos que desembocam em ductos deferentes, com região dilatada em vesícula seminal, um ducto ejaculatório e um par de glândulas acessórias (Figura 4 A). Os testículos são alongados e circundados por fina bainha peritoneal transparente, com sete folículos (Figuras 4 A e B). Cada folículo testicular se abre no ducto eferente, ligado ao ducto deferente (Figura 4 B). Os ductos deferentes são longos e cilíndricos com dilatação na região mediana do canal, caracterizando as vesículas seminais, que são alongadas e cobertas por bainha peritoneal de coloração amarela (Figuras 4 A e B). As glândulas acessórias são longas, cilíndricas e transparentes (Figura 4 A). Os ductos deferentes e as glândulas acessórias se unem (na região mediana) ao ducto ejaculatório curto (Figura 4 A).



**Figura 4.** Anatomia do sistema reprodutor masculino de *Atopozelus opsimus*. **A-** Sistema reprodutor composto por um par de testículos (T), ductos deferentes (DD) com vesículas seminais (VS) amarelas, ducto ejaculatório e um par de glândulas acessórias (GA). **B-** Sete folículos testiculares (FT) ligados ao ducto eferente (DE) curto, ligado ao ducto deferente (DD), que se alarga para formar a vesícula seminal (VS).

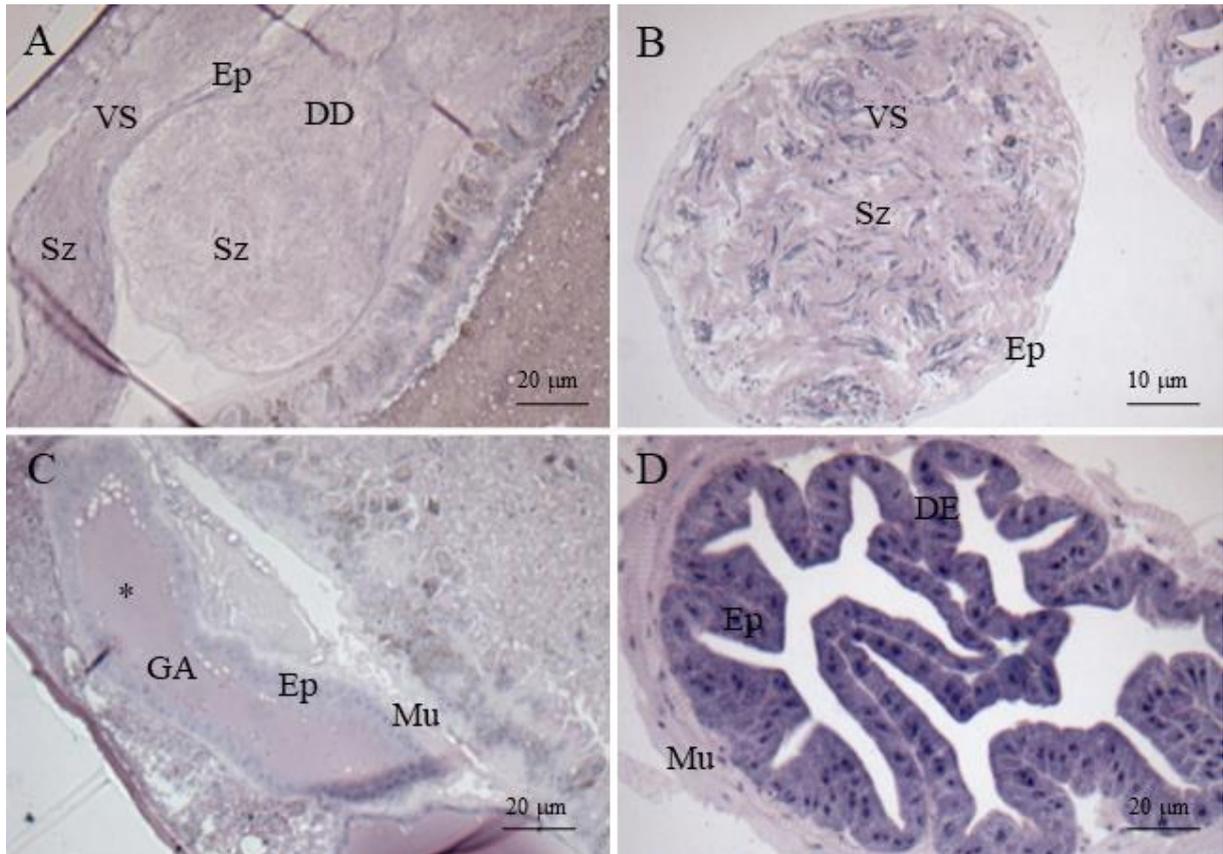
### 3.2.2. Histologia

Folículos contendo cistos em diferentes estágios da espermatogênese foram observados nos testículos (Figuras 5 A e B). A região distal do folículo (zona de crescimento) apresentou cistos contendo células em estágio de espermatogônia (Figura 5 A), seguido de cistos contendo espermatócitos (Figura 5 B). A região mediana (zona de maturação) apresentou cisto com células em estágio de espermátides (Figura 5 A) e, na região proximal (zona de diferenciação), apresentou cistos contendo espermatozoides (Figura 5 A).



**Figura 5.** **A-** Cada folículo testicular de *Atopozelus opsimus* é formado por células em diferentes estágios de diferenciação: espermatogônia (Sg), espermatídes (St) e espermatozoides (Sz). **B-** Detalhe de cistos contendo espermatócitos (Sc).

Os espermatozoides deixam os testículos em feixes e passam para os ductos deferentes, preenchendo todo o lúmen (Figura 6 A). Os ductos deferentes são longos e finos, delimitados por epitélio cúbico simples (Figura 6 A). *Atopozelus opsimus* tem a região mediana dos ductos deferentes alargadas, formando as vesículas seminais que apresentam epitélio cúbico simples, com núcleos esféricos, e lúmen preenchido por espermatozoides (Figuras 6 A e B). Adjacentes às vesículas seminais, estão as glândulas acessórias longas e tubulares, com o lúmen preenchido por secreção de natureza acidófila, envoltas por epitélio prismático granular com núcleos esféricos e fina camada muscular (Figura 6 C). Os ductos deferentes e as glândulas acessórias se abrem no ducto ejaculatório, formado por epitélio cúbico simples com grânulos citoplasmáticos, núcleos esféricos centrais, circundado externamente por espessa camada de músculos circulares e longitudinais (Figura 6 D).



**Figura 6.** A- Corte longitudinal do ducto deferente (DD) e vesícula seminal (VS), ambos com o lúmen preenchido por espermatozoides (Sz) e recobertos por epitélio (Ep) cúbico simples. B- Corte transversal da vesícula seminal (VS) delimitada por epitélio (Ep) cúbico simples, contendo espermatozoides (Sz) no lúmen. C- Corte longitudinal da glândula acessória (GA) formada por epitélio (Ep) prismático, revestida externamente por uma fina camada muscular (Mu). O lúmen é preenchido por substância de natureza acidófila (\*). D- Corte transversal do ducto ejaculatório (DE) formado por epitélio (Ep) cúbico simples, citoplasma com aspecto granular e núcleos esféricos centrais, revestido externamente por espessa camada muscular (Mu) com orientação circular e longitudinal.

#### 4. Discussão

##### 4.1. Sistema reprodutor feminino

O sistema reprodutor feminino de *A. opsimus* com um par de ovários ligados à ovidutos laterais, que se unem a um oviduto comum com a inserção de duas espermatecas, se abrindo na câmara genital é semelhante à outros Reduviidae (Heteroptera), incluindo *Nesotriatoma*, *Panstrongylus*, *Rhodnius* e *Triatoma* (Chiang *et al.*, 2012; Monteiro *et al.*, 2019; Tellez-Garcia *et al.*, 2019). *Atopozelus opsimus* não tem nenhuma glândula acessória, diferentemente do

encontrado em *Cosmoclopius nigroannulatus* Stål, 1860 (Heteroptera: Reduviidae) (Jahnke *et al.*, 2006) que apresenta um par.

Os ovários de *A. opsimus* possuem sete ovariolos cada, característica comum em Heteroptera, como em *C. nigroannulatus* (Heteroptera: Reduviidae) (Jahnke *et al.*, 2006) e *Triatoma infestans* Klug, 1835 (Heteroptera: Reduviidae) (Tellez-Garcia *et al.*, 2019); *Brontocoris tabidus* Signoret, 1863 (Lemos *et al.*, 2010a) e *Piezodorus guildinii* Westwood, 1837 (Heteroptera: Pentatomidae) (Araújo *et al.*, 2020a); *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Heteroptera: Coreidae) (Chiang, 2010); e *Spilostethus pandurus* Scopoli, 1763 (Heteroptera: Lygaeidae) (Elelimy *et al.*, 2017b). Porém, o número de ovariolos por ovário pode variar. Em Pentatomidae, esse número varia entre três e sete (Grozeva *et al.*, 2022), enquanto em *Platyscytus decempunctatus* Carvalho, 1945 (Heteroptera: Miridae) (Pires *et al.*, 2007) foram relatados três ovariolos no ovário direito e cinco no esquerdo.

O ovário de *A. opsimus* é do tipo meroístico-telotrófico, e cada ovariolo é envolto por bainha peritoneal, como em outros Heteroptera (Elelimy *et al.*, 2017b; Özyurt Koçakoğlu *et al.*, 2019; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2023). A região do trofário de *A. opsimus* apresentou células em processo de diferenciação em ovócitos e células nutridoras. Já o vitelário apresentou ovócitos em diferentes estágios de desenvolvimento (pré-vitelogênico, vitelogênico e coreogênico), o que revela desenvolvimento contínuo. Na fase de pré-vitelogênese na região terminal do vitelário, os ovócitos aumentam de tamanho, e cada ovócito é circundado por epitélio folicular. Na vitelogênese, região proximal do vitelário, cada ovócito apresentou dilatação dos espaços intercelulares, caracterizando patência que resulta no transporte de vitelogenina da hemolinfa para a superfície do ovócito (Assis *et al.*, 2019) onde é endocitada (Dohanik *et al.*, 2018). No estágio de coriogênese, a casca de ovo é formada na superfície da membrana vitelínica. O mesmo padrão de ovogênese é relatado em outros Heteroptera (Lemos *et al.*, 2005; Lemos *et al.*, 2010b; Elelimy *et al.*, 2017b).

*Atopozelus opsimus* apresenta um par de espermatecas inseridas no oviduto comum, assim como outros Reduviidae (Chiang *et al.*, 2012; Monteiro *et al.*, 2019; Tellez-Garcia *et al.*, 2019). Heteroptera geralmente apresenta uma espermateca (Araújo *et al.*, 2020a; Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2023) e algumas espécies, como *C. nigroannulatus* (Heteroptera: Reduviidae) podem não apresentar (Jahnke *et al.*, 2006). A espermateca oval de *A. opsimus* tem a mesma forma de *T. infestans* (Heteroptera: Reduviidae) (Tellez-Garcia *et al.*, 2019), mas formas tubulares ou finas na porção proximal e oval na porção distal podem ser encontrados em Reduviidae. As espermatecas amarelas de *A. opsimus* são inéditas nessa família. Colorações em espermatecas de outras espécies já foram observadas, como o ducto espermatecal alaranjado

com bulbo espermatecal branco de *C. mediterraneus* (Heteroptera; Pentatomidae) (Özyurt Koçakoğlu & Candan, 2023) e o conjunto espermatecal marrom em *P. guildinii* (Heteroptera: Pentatomidae) (Araújo *et al.*, 2020a). As diferentes morfologias das espermatecas podem refletir diferentes necessidades de manutenção e/ou maturação dos espermatozoides até a fecundação do ovócito, além de reduzir ou eliminar a necessidade de múltiplos acasalamentos (Chiang *et al.*, 2012; Monteiro *et al.*, 2019).

#### 4.2. Sistema reprodutor masculino

O sistema reprodutor masculino de *A. opsimus* tem um par de testículos, ligados à ductos deferentes com vesículas seminais, um par de glândulas acessórias e um único ducto ejaculatório, semelhante a outros Heteroptera (Kaur & Patial, 2016; Candan *et al.*, 2018; Munhoz *et al.*, 2022).

A forma alongada dos testículos em *A. opsimus* é encontrada em outras espécies da mesma família, como em *C. nigroannulatus* (Heteroptera: Reduviidae) (Jahnke *et al.*, 2006) e da mesma subordem, como *Myrmecoris gracilis* Sahlberg, 1848 (Heteroptera: Miridae) (Mróz & Wojciechowski, 2011) e *Thyanta perditor* Fabricius, 1794 (Heteroptera: Pentatomidae) (Araújo *et al.*, 2020b). Porém, alguns Heteroptera têm características anatômicas particulares nos testículos, sendo taxa-específicos, como a forma oval em Belostomatidae (Pereira *et al.*, 2015; Munhoz *et al.*, 2021) e Naucoridae (Munhoz *et al.*, 2022), de roseta em Coreidae (Karakaya *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2021) e Lygaeidae (Elelimy *et al.*, 2017a) e em espiral em Notonectidae (Pereira *et al.*, 2015; Novais *et al.*, 2017).

*Atopozelus opsimus* apresenta bainha peritoneal transparente recobrando os testículos, diferente de *C. nigroannulatus* (Heteroptera: Reduviidae) (Jahnke *et al.*, 2006) e *Doldina carinulata* Stål, 1859 (Heteroptera: Reduviidae) (Gomes *et al.*, 2013) que são alaranjadas, e *Repipta taurus* Fabricius, 1803 (Heteroptera: Reduviidae) (Kaur & Patial, 2016) avermelhada. A bainha peritoneal que recobre esses órgãos parece não ser taxa-específico e a falta de padrão de coloração da bainha peritoneal em diferentes espécies de uma mesma família foi relatada anteriormente. Em Coreidae, bainha peritoneal amarelada, alaranjada, avermelhada, esverdeada e transparente foram observadas (Souza *et al.*, 2007; Pereira *et al.*, 2015; Kaur & Patial, 2016; Araújo *et al.*, 2020b; Oliveira *et al.*, 2021). Algumas famílias, no entanto, apresentam um padrão, como em Belostomatidae (Pereira *et al.*, 2015), Gelastocoridae, Gerridae, Notonectidae e Veliidae, em que a bainha peritoneal é transparente (Novais *et al.*, 2017).

*Atopozelus opsimus* possui sete folículos testiculares, semelhante a *D. carinulata*

(Heteroptera: Reduviidae) (Gomes *et al.*, 2013). O número de folículos testiculares varia entre espécies e, por isso, é uma característica de interesse taxonômico (Lemos *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2021). Heteroptera apresenta de um a sete folículos (Gomes *et al.*, 2013). A evolução do sistema reprodutor masculino em insetos indica um ancestral com sete folículos testiculares, com aumento e diminuição do número de forma independente (Mróz & Wojciechowski, 2011; Oliveira *et al.*, 2021). Logo, taxa com grande número de folículos testiculares, como *A. opsimus*, são considerados mais próximos ao ancestral, enquanto um menor número de folículos indica taxa mais especializados, com menor produção de espermatozoides (Mróz & Wojciechowski, 2011; Novais *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2021).

Os folículos testiculares de *A. opsimus* possuem três zonas de desenvolvimento. Na zona de crescimento, grupos de espermatogônias se separam do trofário e formam aglomerados esféricos, envolvidos por diversas células que formam uma parede no cisto. As espermatogônias se dividem através da mitose e se diferenciam em espermátocitos. Na zona de maturação ocorrem divisões meióticas e as células se tornam espermátides. Na zona de diferenciação, as espermátides se diferenciam em espermatozoides. Esse processo de formação de gametas masculinos é comum em Heteroptera (Lemos *et al.*, 2005; Karakaya *et al.*, 2012; Elelimy *et al.*, 2017a; Araújo *et al.*, 2020b; Munhoz *et al.*, 2021). O número de espermatozoides é determinado pelo número de divisões celulares e é espécie-específico (Karakaya *et al.*, 2012). Células germinativas em diferentes estágios de desenvolvimento, como encontrado em *A. opsimus*, sugere que ocorre produção contínua de espermatozoides, o que permite acasalamentos múltiplos durante a fase adulta, aumentando o sucesso reprodutivo (Munhoz *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021). Essa característica é importante para o controle biológico porque a produção contínua de gametas femininos e masculinos em *A. opsimus* confere a característica de abundância de indivíduos, uma particularidade importante para criação massal e liberação inundativa em manejos de pragas.

Ductos deferentes com vesículas seminais, como em *A. opsimus*, é uma característica encontrada em muitas espécies de Heteroptera (Freitas *et al.*, 2010; Mróz & Wojciechowski, 2011; Kaur & Patial, 2012; Elelimy *et al.*, 2017a; Munhoz *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021). *Atopozelus opsimus* apresenta vesículas seminais com bainha de cor amarela, característica inédita em Heteroptera e diferente dos testículos, que são transparentes. As vesículas seminais em Heteroptera apresentam diferenças morfológicas, como sua presença em áreas distintas nos ductos deferentes, diferentes formas e, geralmente, apresentam a bainha peritoneal com a mesma cor dos testículos, embora não seja taxa-específico (Mróz & Wojciechowski, 2011; Araújo *et al.*, 2020a; Munhoz *et al.*, 2021). Algumas espécies podem não apresentar vesículas

seminais, armazenando os espermatozoides ao longo dos ductos deferentes, como *C. nigroannulatus* (Heteroptera: Reduviidae) (Jahnke *et al.*, 2006) e *Podisus nigrispinus* Dallas, 1851 (Heteroptera: Pentatomidae) (Rodrigues *et al.*, 2008). Os espermatozoides de *A. opsimus* ficam armazenados nas vesículas seminais, compostas por epitélio cúbico simples, como em outros Heteroptera com vesículas seminais (Munhoz *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021).

*Atopozelus opsimus* apresenta um par de glândulas acessórias tubulares, longas, transparentes, que se abrem no ducto ejaculatório, logo, possuem origem ectodérmica (ectadenia). Glândulas acessórias em Heteroptera parece ser espécie-específico com variação morfológica. *Cosmoclopius nigroannulatus* (Heteroptera: Reduviidae) também apresenta um par de glândulas acessórias ectadenia, porém, cada glândula possui quatro filamentos (Jahnke *et al.*, 2006). Outros Reduviidae apresentaram diferenças estruturais, como espécies de *Triatoma* que possuem dois pares de glândulas acessórias com quatro lóbulos cada, de origem mesodérmica (mesadênia) (Freitas *et al.*, 2010; Chiang *et al.*, 2012; Chiang, 2020). As glândulas acessórias de *A. opsimus* são compostas por epitélio prismático, evidenciando a secreção de substâncias (de natureza acidófila), que contribui com o fluido seminal, a ativação, a nutrição e a proteção dos espermatozoides, além de modificar o comportamento e a fisiologia da fêmea (Kubli, 2003; Karakaya *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2020b).

A anatomia do ducto ejaculatório de *A. opsimus* é semelhante à de outros Heteroptera, incluindo o Reduviidae *C. nigroannulatus* (Jahnke *et al.*, 2006) por ser um ducto curto (Elelimy *et al.*, 2017a; Munhoz *et al.*, 2021; 2022; Oliveira *et al.*, 2021). O ducto ejaculatório de *A. opsimus* é formado por epitélio cúbico simples e espessa camada muscular, importante para movimentos de constrição na fecundação direta, com muito similar ao de *Belostoma* spp. (Belostomatidae) (Munhoz *et al.*, 2021). Essa característica é compartilhada entre outros Heteroptera (Chapman, 2013; Munhoz *et al.*, 2021).

## 5. Conclusão

A morfologia e o funcionamento dos sistemas reprodutores feminino e masculino de *A. opsimus* descritas, pela primeira vez, mostram ser semelhantes ao de outros Heteroptera. Os órgãos que armazenam espermatozoides nas fêmeas, espermatecas, e nos machos, vesículas seminais, possuem coloração amarela, característica inédita nessa subordem. Fêmeas e machos apresentaram produção contínua de gametas permitindo múltiplos acasalamentos durante a fase adulta, aumentando assim o sucesso reprodutivo da espécie, característica importante para liberações inundativas de controle biológico. O sistema reprodutor masculino apresenta os

testículos recobertos por bainha peritoneal transparente, diferente de outros Reduviidae e, ainda, a presença de sete folículos testiculares em *A. opsimus* o caracteriza como mais semelhante ao ancestral.

### Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelas agências de pesquisa brasileiras Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Projeto 424823/2018-7), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

### Referências

- ARAÚJO, V. A.; BACCA, T.; DIAS, L. G. Anatomy of male and female reproductive organs of stink bugs pests (Pentatomidae: Heteroptera) from soybean and rice crops. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 4, p. 1-9, 2020a.
- ARAÚJO, V. A.; OLIVEIRA, M. S.; CORTES, I. C. H.; VITERI-D, J.; DIAS, L. G. Morphology of the male reproductive tract in two species of phytophagous bugs (Pentatomidae: Heteroptera). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 2, p. 1608-1614, 2020b.
- ASSIS, M. A.; DOHANIK, V. T.; OLIVEIRA, L. L.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Evidence for a transcellular route for vitellogenin transport in the telotrophic ovary of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Scientific Reports**, v. 9, n. 16441, 2019.
- CANDAN, S.; ÖZYURT KOÇAKOĞLU, N.; SULUDERE, Z. Morphological and histological structure of the male reproductive system of the water strider *Gerris lacustris* (Linnaeus 1758) (Gerridae, Heteroptera). **Microscopy Research and Technique**, v. 81, n. 7, p. 770-780, 2018.
- CHAPMAN, R. F. **Insects: structure and function**, 5. Edn. Cambridge University Press, New York, 2013.
- CHIANG, R. G.; CHIANG, J. A.; SARQUIS, O.; LIMA, M. M. Morphology of reproductive accessory glands in eight species of blood-feeding Hemiptera (Hemiptera, Reduviidae) insect vectors of Chagas disease. **Acta Tropica**, v. 122, v. 2, p. 196-204, 2012.
- CHIANG, R. G. Functional anatomy of the vagina muscles in the adult western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae), and its implication for the egg laying behaviour in insects. **Arthropod Structure & Development**, v. 39, p. 261-267, 2010.
- CHIANG, R. G. New findings on the functional morphology of the male genitalia of the blood-feeding bug *Rhodnius prolixus* in the light of a different observation on living tissue. **Arthropod Structure & Development**, v. 59, p. 1-7, 2020.

DIAS, T. K. R.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P.; BARBOSA, L. R.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Predation of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) by *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) in Brazil. **Invertebrate Survival Journal**, v. 11, p. 224-227, 2014.

DIAS, T. K. R.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P.; GIL-SANTANA, H. R.; ZACHÉ, B. Occurrence of *Atopozelus opsimus* preying on nymphs and adults of *Glycaspis brimblecombei*. **Phytoparasitica**, n. 40, p. 137-141, 2012.

DOHANIK, V. T.; GONÇALVES, W. G.; OLIVEIRA, L. L.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Vitellogenin transcytosis in follicular cells of the honeybee *Apis mellifera* and the wasp *Polistes simillimus*. **Protoplasma**, v. 8, n. 255, p. 1703-1712, 2018.

ELELIMY, H. A. S.; GHAZAWY, N. A.; OMAR, A. H.; MEGUID, A. A. Morphology and histology of the male reproductive system of *Spilostethus pandurus* (Scopoli) (Hemiptera: Lygaeidae). **African Entomology**, v. 25, n. 1, p. 210-219, 2017a.

ELELIMY, H. A. S.; GHAZAWY, N. A.; OMAR, A. H.; MEGUID, A. A. Morphology, histology and ovary development of the female reproductive system of *Spilostethus pandurus* (Scopoli) (Hemiptera: Lygaeidae). **African Entomology**, v. 25, n. 2, p. 515-522, 2017b.

FREITAS, S. P. C.; GONÇALVES, T. C. M.; SERRÃO, J. E.; COSTA, J.; SANTOS-MALLET, J. R. Male reproductive system structure and accessory glands ultrastructure of two species of *Triatoma* (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). **Micron**, v. 41, p. 518-525, 2010.

GOMES, M. O.; CASTANHOLE, M. M. U.; SOUZA, H. V.; MURAKAMI, A. S.; FIRMINO, T. S. S.; SARAN, P. S.; BANHO, C. A.; MONTEIRO, L. S.; SILVA, J. C. P.; ITOYAMA, M. M. Morphological aspects of the testes of 18 species of terrestrial of Heteroptera from Northwestern São Paulo (Brazil). **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p. 131-135, 2013.

GOMES, D. S.; OLIVEIRA, C. J. E.; COSTA, T. M. C.; PLATA RUEDA, A.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E.; SOUZA, E. A. Histology and histochemistry of the accessory gland of the female reproductive tract of *Rhodnius neglectus* Lent, 1954 (Hemiptera: Reduviidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, e271913, p. 1-6, 2023.

GROZEVA, S.; STOIANOVA, D.; KONSTANTINOV, F.; SIMOV, N.; KUZNETSOVA, V. G. A synopsis of the numbers of testicular follicles and ovarioles in true bugs (Heteroptera, Hemiptera) – sixty-five years of progress after J. Pendergrast's review. **ZooKeys**, v. 1136, p. 71-123, 2022.

GUILLERMO-FERREIRA, R.; CARDOSO-LEITE, R.; GANDOLFO, R. First observation of alternative food usage (extrafloral nectar) by the assassin bug *Atopozelus opsimus* (Hemiptera, Reduviidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 4, p. 489-491, 2012.

JAHNKE, S. M.; REDAELLI, L. R.; DIEFENBACH, L. M. G. Internal reproductive organs of *Cosmoclopius nigroannulatus* (Hemiptera: Reduviidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2A, p. 509-512, 2006.

KARAKAYA, G.; ÖZYURT, N.; CANDAN, S.; SULUDERE, Z. Structure of the male reproductive system in *Coreus marginatus* (L.) (Hemiptera: Coreidae). **Türkiye Entomoloji**

**Dergisi**, v. 36, n. 2, p. 193-204, 2012.

KAUR, H.; PATIAL, N. Internal male reproductive organs in five species of Heteroptera (Insecta: Hemiptera). **Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences**, v. 6, n. 3, p. 30-35, 2016.

KAUR, H.; PATIAL, N. Internal male reproductive organs of ten species of Heteroptera (Insecta: Hemiptera). **Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences**, v. 2, n. 1, p. 317-324, 2012.

KUBLI, E. Sex-peptides: seminal peptides of the *Drosophila male*. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 60, n.8, p. 1689-1704, 2003.

KUGLER, J.- M.; RÜBSAM, R.; TRAUNER, J.; BÜNING, J. The larval development of the telotrophic meroistic ovary in the bug *Dysdercus intermedius* (Heteroptera, Pyrrhocoridae). **Arthropod Structure & Development**, v. 35, p. 99-110, 2006.

KUZNETSOVA, V. G.; MARYAŃSKA-NADACHOWSKA, A.; KHABIEV, G. N.; KARAGYAN, G.; KRIVOKHATSKY, V. A. Variation in the number of testicular follicles and ovarioles among 18 lacewing species of the families Myrmeleontidae, Ascalaphidae, and Nemopteridae (Insecta, Neuroptera, Myrmeleontiformia). **ZooKeys**, v. 894, p.33-51, 2019.

LEMOS, W. P.; SERRÃO, J. E.; RAMALHO, F. S.; COLA ZANUNCIO, J. C.; LACERDA, M. C. Effect of diet on male reproductive tract of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 1, p. 91-96, 2005.

LEMOS, W. P.; ZANUNCIO J. C.; RAMALHO, F. S.; ZANUNCIO, V. V.; SERRÃO, J. E. Herbivory affects ovarian development in the zoophytophagous predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera, Pentatomidae). **Journal of Pest Science**, v. 83, p. 69-76, 2010a.

LEMOS, W. P.; ZANUNCIO, V. V.; RAMALHO, F. S.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Ovary histology of the predator *Brontocoris tabidus* (Hemiptera: Pentatomidae) of two ages fed on different diets. **Entomological News**, v. 121, n. 3, p. 230-235, 2010b.

LUNDGREN, J. G. Reproductive ecology of predaceous Heteroptera. **Biological Control**, v. 59, p. 37-52, 2011.

MATOS, M. F.; D'ÁVILA, V. A.; LEMES, P. G.; ZANUNCIO, A. J. V.; ZANUNCIO, J. C. *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) Preying on *Mastigimas anjosi* (Hemiptera: Calophyidae), a Pest of Tropical Cedar, *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **Florida Entomologist**, v. 102, n. 2, p. 447-450, 2019.

MONTEIRO, M. F.; LISBOA, L. C. O.; CARVALHO-COSTA, T. M.; NEVOA, J. C.; OLIVEIRA, C. J. F.; SERRÃO, J. E.; SOUZA, E. A. Morphology of the spermatheca of *Triatoma lecticularia* (Hemiptera: Reduviidae) (Stal, 1859). **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 1, p. 144-148, 2019.

MRÓZ, E.; WOJCIECHOWSKI, W. The systematic position of the tribe Stenodemini (Heteroptera: Cimicomorpha: Miridae: *Mirinae*) in the light of the male internal reproductive system. **Journal of Natural History**, v. 45, n. 25-26, p. 1563-1588, 2011.

MUNHOZ, I. L. A.; SERRÃO, J. E.; MELO, A. L.; MARTINS, L. C. B.; ARAÚJO, V. A. Anatomy and histology of the male reproductive tract in creeping water bugs (Heteroptera: Naucoridae). **Acta Zoologica**, v. 103, n. 4, p. 433-441, 2022.

MUNHOZ, I. L. A.; SERRÃO, J. E.; DIAS, G.; LINO-NETO, J.; MELO, A. L.; ARAÚJO, V. A. Anatomy and histology of the male reproductive tract in giant water bugs of the genus *Belostoma* Latreille, 1807 (Heteroptera, Belostomatidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 41, p. 303-311, 2021.

NARANJO, C.; RIVIAUX, S. M.; MOREIRA, F. F. F.; COURT, R. C. Taxonomy and distribution of aquatic and semiaquatic Heteroptera (Insecta) from Cuba. **Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology)**, v. 58, n. 3, p. 897-907, 2010.

NOVAIS, A. M.; DIAS, G.; LINO-NETO, J. Testicular, spermatogenesis and sperm morphology in *Martarega bentoi* (Heteroptera: Notonectidae). **Arthropod Structure & Development**, v. 46, p. 635-643, 2017.

OLIVEIRA, M. S.; SERRÃO, J. E.; DIAS, G.; MARTINS, L. C. B.; ARAÚJO, V. A. Anatomy and histology of the male reproductive tract of *Machtima crucigera* (Fabricius, 1775) (Heteroptera: Coreidae). **Zoologischer Anzeiger**, v. 293, p. 156-162, 2021.

ÖZYURT KOÇAKOĞLU, N.; CANDAN, S. Morphology of the female reproductive system in *Carpocoris mediterraneus* Tamanini, 1958 (Heteroptera: Pentatomidae). **Transactions of the American Entomological Society**, v. 149, n. 1, p. 21-37, 2023.

ÖZYURT KOÇAKÖĞLU, N.; CANDAN, S.; SULUDERE, Z. Notes on the morphology and histology of the ovarioles of *Gerris lacustris* (L.) (water strider) (Insecta: Hemiptera: Heteroptera: Gerridae). **Zoologischer Anzeiger**, v. 278, p. 84-89, 2019.

PEREIRA, L. L. V.; ALEVI, K. C. C.; CASTANHOLE, M. M. U.; MOREIRA, F. F. F.; BARBOSA, J. F.; ITOYAMA, M. M. Cytogenetics analysis and testis morphology of aquatic species of the families Belostomatidae, Gelastocoridae, Gerridae, Notonectidae, and Veliidae (Heteroptera). **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 1-15; 2015.

PIRES, E. M.; FERREIRA, P. S. F.; GUEDES, R. N. C.; SERRÃO, J. E. Morphology of the Phytophagous Bug *Platyscytus decempunctatus* (Carvalho) (Heteroptera: Miridae). **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 4, p. 510-513, 2007.

RODRIGUES, A. R. S.; SERRÃO, J. E.; TEIXEIRA, V. W.; TORRES, J. B.; TEIXEIRA, A. A. Spermatogenesis, changes in reproductive structures, and time constraint associated with insemination in *Podisus nigrispinus*. **Journal of Insect Physiology**, v. 54, p. 1543-1551, 2008.

SOUZA, H. V.; ARAKAKI, R. L. M.; DIAS, L. N.; MURAKAMI, A. S.; COSTA, L. A. A.; BICUDO, H. E. M. C.; ITOYAMA, M. M. Cytogenetical aspects of testicular cells in economically important species of Coreidae family (Heteroptera). **Cytologia**, v. 72, n. 1, p. 49-56, 2007.

TELLEZ-GARCIA, 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.

TÚLER, A. C.; SILVA-TORRES, C. S. A.; TEIXEIRA, V. W.; TEIXEIRA, A. A. C.; GUEDES, C. A.; D'ASSUNÇÃO, C. G.; BRAYNER, F. A.; ALVES, L. C. Histology of the spermateca and stored sperm of *Tenuisvalvae notata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Physiological Entomology**, v. 43, p. 180-187, 2018.

ZHANG, G.; HART, E. R.; WEIRAUCH, C. A taxonomic monograph of the assassin bug genus *Zelus Fabricius* (Hemiptera: Reduviidae): 71 species based on 10,000 specimens. **Biodiversity Data Journal**, n. 4, e8150, 2016.

### 3 CONCLUSÕES

Essa é a primeira descrição da anatomia e histologia do intestino médio, sistema reprodutor masculino e ovários de *A. opsimus*. O canal alimentar de *A. opsimus* é igual nos dois sexos. As células digestivas do intestino médio são multifuncionais, com diferentes locais de absorção, digestão, armazenamento, excreção e secreção. Seu intestino médio é semelhante ao de outros Heteroptera predadores, fitófagos e hematófagos, o que sugere que a dieta não foi uma forte pressão seletiva para determinar diferentes características nas células digestivas do intestino médio desses insetos, o que reforça a origem de um ancestral comum.

A morfologia e o funcionamento do sistema reprodutor masculino e ovários de *A. opsimus* mostraram ser semelhantes ao de outros Heteroptera. Órgãos responsáveis pelo armazenamento de espermatozoides, espermatecas e vesículas seminais têm cor amarela, inédita nessa subordem. Ambos os sexos apresentaram produção contínua de gametas, o que pode gerar aumento do sucesso reprodutivo da espécie com múltiplos acasalamentos durante a fase adulta, importante para criação massal em programas de controle biológico. O sistema reprodutor masculino apresenta os testículos recobertos pela bainha peritoneal transparente, diferente de outros Reduviidae, e, ainda, apresenta sete folículos testiculares, o que caracteriza um *A. opsimus* mais semelhante ao ancestral.

Os conhecimentos sobre a biologia de *A. opsimus* obtidos aqui podem contribuir com estudos futuros e o uso mais efetivo desse inimigo natural em programas de controle biológico contra pragas agrícolas e florestais.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, V. A.; BACCA, T.; DIAS, L. G. Anatomy of male and female reproductive organs of stink bugs pests (Pentatomidae: Heteroptera) from soybean and rice crops. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 4, p. 1-9, 2020a.
- ARAÚJO, V. A.; OLIVEIRA, M. S.; CORTES, I. C. H.; VITERI-D, J.; DIAS, L. G. Morphology of the male reproductive tract in two species of phytophagous bugs (Pentatomidae: Heteroptera). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 2, p. 1608-1614, 2020b.
- ASSIS, M. A.; DOHANIK, V. T.; OLIVEIRA, L. L.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Evidence for a transcellular route for vitellogenin transport in the telotrophic ovary of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Scientific Reports**, v. 9, n. 16441, 2019.
- BARBOSA, L. R.; CASTRO, B. M. C.; SOLIMAN, E. P.; WILCKEN, C. F.; IEDE, E. T.; ZANUNCIO, J. C. Controle biológico no MIP florestal. In: LEMES, P. G.; ZANUNCIO, J. C. **Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras**. Montes Claros: Editora GBl, 2021. cap. 10, p. 147-163.
- CAMARGO, A. J. A.; OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R.; SONODA, K. C.; CORRÊA, D. C. V. **Coleções entomológicas: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens**. Brasília, DF, Embrapa, 2015.
- CHAPMAN, R. F. **Insects: structure and function**, 5. Edn. Cambridge University Press, New York, 2013.
- DIAS, T. K. R. **Bionomia e comportamento de *Atopozelus opsimus* Elkins (Hemiptera: Reduviidae) mantidos em *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Psyllidae)**. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu- SP, 2009.
- DIAS, T. K. R. ***Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae): presas alternativas, comportamento parental e predação sobre pragas exóticas**. 2013. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu- SP, 2013.
- DIAS, T. K. R.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P.; BARBOSA, L. R.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Predation of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) by *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) in Brazil. **Invertebrate Survival Journal**, v. 11, p. 224-227, 2014.
- DIAS, T. K. R.; WILCKEN, C. F.; SOLIMAN, E. P.; GIL-SANTANA, H. R.; ZACHÉ, B. Occurrence of *Atopozelus opsimus* preying on nymphs and adults of *Glycaspis brimblecombei*. **Phytoparasitica**, v. 40, p. 137-141, 2012.
- ELELIMY, H. A. S.; GHAZAWY, N. A.; OMAR, A. H.; MEGUID, A. A. Morphology and histology of the male reproductive system of *Spilostethus pandurus* (Scopoli) (Hemiptera: Lygaeidae). **African Entomology**, v. 25, n. 1, p. 210-219, 2017.

FIALHO, M. C. Q.; ZANUNCIO, J. C.; NEVES, C. A.; RAMALHO, F. S.; SERRÃO, J. E. Ultrastructure of the digestive cells in the midgut of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) after different feeding periods on prey and plants. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 102, n. 1, p. 119-127, 2009.

GILLOTT, C. **Entomology**. Third. P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, Springer, 2005.

GUILLERMO-FERREIRA, R.; CARDOSO-LEITE, R.; GANDOLFO, R. First observation of alternative food usage (extrafloral nectar) by the assassin bug *Atopozelus opsimus* (Hemiptera, Reduviidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 4, p. 489-491, 2012.

KLOWDEN, M. J. *Physiological Systems in Insects*. 2ed. San Diego, USA: Academic Press, 2007.

KUZNETSOVA, V. G.; MARYAŃSKA-NADACHOWSKA, A.; KHABIEV, G. N.; KARAGYAN, G.; KRIVOKHATSKY, V. A. Variation in the number of testicular follicles and ovarioles among 18 lacewing species of the families Myrmeleontidae, Ascalaphidae, and Nemopteridae (Insecta, Neuroptera, Myrmeleontiformia). **ZooKeys**, v. 894, p.33-51, 2019.

LUNDGREN, J. G. Reproductive ecology of predaceous Heteroptera. **Biological Control**, v. 59, p. 37-52, 2011.

MATOS, M. F.; D'ÁVILA, V. A.; LEMES, P. G.; ZANUNCIO, A. J. V.; ZANUNCIO, J. C. *Atopozelus opsimus* (Hemiptera: Reduviidae) preying on *Mastigimas anjosi* (Hemiptera: Calophyidae), a pest of tropical cedar, *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **Florida Entomologist**, v. 102, n. 2, p. 447-450, 2019.

MUNHOZ, I. L. A.; SERRÃO, J. E.; DIAS, G.; LINO-NETO, J.; MELO, A. L.; ARAÚJO, V. A. Anatomy and histology of the male reproductive tract in giant water bugs of the genus *Belostoma* Latreille, 1807 (Heteroptera, Belostomatidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 41, p. 303-311, 2021.

OLIVEIRA, M. S.; SERRÃO, J. E.; DIAS, G.; MARTINS, L. C. B.; ARAÚJO, V. A. Anatomy and histology of the male reproductive tract of *Machtima crucigera* (Fabricius, 1775) (Heteroptera: Coreidae). **Zoologischer Anzeiger**, n. 293, p. 156-162, 2021.

ÖZYURT KOÇAKOĞLU, N. Morphology and histology of the alimentary canal, salivary glands and Malpighian tubules in *Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pyrrhocoridae): a scanning electron and light microscopies study. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 41, p. 1845-1862, 2021.

ÖZYURT KOÇAKOĞLU, N.; CANDAN, S. Ultrastructural Characterization of Salivary Glands, Alimentary Canal and Malpighian Tubules of the Red Shield Bug *Carpocoris mediterraneus* Tamanini, 1958 (Heteroptera, Pentatomidae). **Microscopy and Microanalysis**, v. 28, n. 824-836, 2022.

ÖZYURT KOÇAKOĞLU, N.; CANDAN, S. Morphology of the female reproductive system in *Carpocoris mediterraneus* Tamanini, 1958 (Heteroptera: Pentatomidae). **Transactions of the American Entomological Society**, v. 149, n. 1, p. 21-37, 2023.

PANIZZI, A. R.; GRAZIA, J. **True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics**. Springer, Dordrecht, 2015.

PRADO, M. C. N.; GIULIANI, G. K. F.; GHIOTTO, T. C.; CARMO, J. B.; GUERREIRO, J. C.; PRADO, E. P.; POGETTO, M. H. F. A. D.; MASSON, M. V.; TAVARES, W. S.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C.; FERREIRA-FILHO, P. J. Detection and estimation of *Mastigimas anjosi* (Hemiptera: Calophyidae) populations on *Cedrela fissilis* trees. **Royal Society Open Science**, v. 9, n. 3, p. 1-15, 2022.

ROST-ROSZKOWSKA, M. M.; VILIMOVA, J.; WŁODARCZYK, A.; SONAKOWSKA, L.; KAMIŃSKA, K.; KASZUBA, F.; MARCHEWKA, A.; SADÍLEK, D. Investigation of the midgut structure and ultrastructure in *Cimex lectularius* and *Cimex pipistrelli* (Hemiptera: Cimicidae). **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 45-57, 2017.

SANTOS, H. P.; ROST-ROSZKOWSKA, M.; VILIMOVA, J.; SERRÃO, J. E. Ultrastructure of the midgut in Heteroptera (Hemiptera) with different feeding habits. **Protoplasma**, v. 254, p. 1743-1753, 2017.

SOLIMAN, E. P. **Bioecologia do percevejo bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (hemiptera: thaumastocoridae) em eucalipto e prospecção de inimigos naturais**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu- SP, 2010.

SOUZA, C. D. **Biologia e predação de *Atopozelus opsimus* Elkins, 1954 (Hemiptera: Reduviidae) sobre pragas do eucalipto**. 2020. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu- SP, 2020.

TEIXEIRA, A. D.; FIALHO, M. C. Q.; ZANUNCIO, J. C.; RAMALHO, F. S.; SERRÃO, J. E. Degeneration and cell regeneration in the midgut of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) during post-embryonic development. **Arthropod Structure and Development**, v. 42, n. 4, p. 237-246, 2013.

TERRA, W. R.; FERREIRA, C. Biochemistry and Molecular Biology of Digestion. Insect Molecular Biology and Biochemistry. **Academic Press**, p. 365-418, 2012.