

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

GABRIELE BUENO DOS ANJOS

**CARACTERIZAÇÃO HEMATOLÓGICA DO PEIXE
ORNAMENTAL *Apteronotus albifrons* (LINNAEUS, 1766)
PARASITADO PELO NEMATOIDE *Guyanemidae* gen. sp.
(PETTER, 1975)**

**FLORIANÓPOLIS - SC
2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

GABRIELE BUENO DOS ANJOS

**CARACTERIZAÇÃO HEMATOLÓGICA DO PEIXE
ORNAMENTAL *Apteronotus albifrons* (LINNAEUS, 1766)
PARASITADO PELO NEMATOIDE *Guyanemidae* gen. sp.
(PETTER, 1975)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do Diploma de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Catarina.
Orientador: Prof. Dr. Maurício Laterça Martins
Coorientadora: MSc. Gracienhe Gomes dos Santos

**FLORIANÓPOLIS - SC
2024**

Anjos, Gabriele Bueno dos

Caracterização hematológica do peixe ornamental *Apteronotus albifrons* (Linnaeus, 1766) parasitado pelo nematoide Guyanemidae gen. sp. (Petter, 1975) / Gabriele Bueno dos Anjos; orientador, Maurício Laterça Martins, coorientador Gracienhe Gomes dos Santos
Florianópolis – SC: UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, 2024

41 p.

Monografia (TCC) – UFSC, 2024

Descritores. (Palavras-chave) 1. Aquicultura 2. Piscicultura ornamental 3. Hematologia 4. Parasitismo 5. Nematoda

CDU (Classificação Décima Universal)

37.013 (079.1)

Gabriele Bueno dos Anjos

**CARACTERIZAÇÃO HEMATOLÓGICA DO PEIXE
ORNAMENTAL *Apteronotus albifrons* (LINNAEUS, 1766)
PARASITADO PELO NEMATOIDE *Guyanemidae* gen. sp.
(PETTER, 1975)**

Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para
obtenção do grau de Zootecnista.

Florianópolis, 18 de novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Maurício Laterça Martins, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. (a) Priscila de Oliveira Moraes Dr.(a)

MSc. Emilly Monteiro Lopes

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha mãe, Viviani, por ser sempre meu porto seguro, minha melhor amiga e minha base, por todo amor, apoio e dedicação. Essa não é uma vitória minha, mas uma conquista nossa.

Aos meus gatos, pela companhia nas noites em claro e pela ajuda na redação deste trabalho, sempre com as patas no teclado.

À minha avó, Venir, pelo seu eterno zelo.

Agradeço ao meu querido orientador, Prof. Maurício, que tão prontamente abriu as portas para me receber no AQUOS que me proporcionou tantas oportunidades e ensinamentos valiosos. Agradeço pela confiança, pela parceria e por sempre nos inspirar como professor, como pesquisador e como pessoa. Obrigada também pelas finas iguarias culinárias nos encontros do laboratório.

Agradeço à Gracienne, pela coorientação, pela amizade, apoio e paciência.

Agradeço aos meus queridos amigos do AQUOS, que tão bem me receberam e que tanto me ensinaram nessa jornada. Meus carinhos a Jucimauro, Graziela (ainda bem que é apenas o primeiro nome), Domickson, Paola, Maria Clara, Alexandre, Emilly, Caio, Giulia, Mateus, Luiz, Ane, Danilo e Ana Paula.

Agradeço às nossas queridas técnicas, Marília e Sílvia. Agradeço ao Prof. José Mourinho. Agradeço ao Diego. Agradeço ao Marco, pela ótima aula de recirculação. Agradeço ao Juliano.

Agradeço à Amanda e Francisco, que lutam comigo desde o primeiro dia de graduação, lá em 2018. Não chutamos o balde.

Agradeço à Kianne, ao Diogo e à Heloisa.

Agradeço a todos os meus professores do IFSC e a todos os meus professores da UFSC.

Agradeço à educação pública federal de qualidade, que me possibilitou estar aqui.

RESUMO

O peixe ituí cavalo *Apteronotus albifrons* é uma espécie de peixe elétrico de interesse para aquicultura ornamental. Entretanto, pouco se sabe sobre seus aspectos hematológicos. As análises hematológicas são amplamente utilizadas para avaliar a saúde e o bem-estar dos peixes na aquicultura, uma vez que esses parâmetros são altamente sensíveis a fatores ambientais, estresse e à presença de patógenos. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a morfologia celular e os parâmetros hematológicos de *A. albifrons* parasitado pelo nematoide Guyanemidae gen. sp. Um total de 12 espécimes adultos foi obtido de piscicultura ornamental comercial. Amostras de sangue foram colhidas via punção do vaso caudal para determinação de hematócrito (%), contagem total de eritrócitos, contagem total e diferencial de leucócitos, contagem total de trombócitos e análises morfológicas das células sanguíneas. Os parasitos foram diafanizados em lactofenol de Amann para posterior montagem entre lâmina-lamínula e identificação. A análise parasitológica mostrou taxa de prevalência de 100% para Guyanemidae gen. sp., sendo que a análise hematológica mostrou a presença de processo anêmico, eosinofilia e neutropenia severa. O teste de regressão linear múltipla mostrou que não houve relação ($P>0,05$) entre o número de nematoides e os parâmetros biométricos de peso e comprimento dos peixes. Este é o primeiro estudo a fornecer dados sobre a hematologia de *A. albifrons* e o primeiro registro da ocorrência de Guyanemidae gen. sp. nesta espécie, bem como a descrição dos possíveis efeitos do parasitismo na saúde dos peixes. É necessário estabelecer padrões hematológicos de referência em populações selvagens e espécimes não parasitados para melhor embasar o diagnóstico.

Palavras-chave: Aquicultura, Piscicultura ornamental, Hematologia, Parasitismo, Nematoda.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Extremidade cefálica (A) e extremidade caudal (B, C) de fêmea de Guyanemidae gen. spp. em microscopia de contraste de interferência diferencial (DIC).....30
- Figura 2** – Células sanguíneas de Ituí Cavalo *Apteronotus albifrons* parasitado por Guyanemidae gen sp. Em (A) Er: eritrócitos; * eritrócito imaturo; (B) Le: leucócito imaturo; (C) Mn: monócito; Tr: trombócito (D) Li: linfócitos; Tr: trombócitos; (E) Ne: neutrófilo; Li: linfócito (F) Eo: eosinófilo. May-Grünwald-Giemsa. Microscópio de fluorescência, aumento de 100x.....31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros biométricos e fator relativo de condição (Kn) para *A. albifrons* parasitado por Guyanemidae gen. sp.....30

Tabela 2 – Valores médios, desvio padrão, mínimos, máximos e coeficiente de variação características hematológicas de *A. albifrons* parasitado por Guyanema gen. sp.....32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivos gerais.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 Aspectos gerais sobre <i>Apteronotus albifrons</i>	14
3.2 Nematoides.....	15
3.3 Análises hematológicas.....	17
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
5. Caracterização hematológica do peixe ornamental <i>Apteronotus albifrons</i> (Linnaeus, 1766) parasitado pelo nematoide Guyanemidae gen. sp. (Petter, 1975)	26

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura ornamental é um setor em expansão e representa uma parcela expressiva do mercado na aquicultura mundial, sendo responsável por uma movimentação estimada de US\$15 a US\$30 bilhões anualmente (Santos *et al.*, 2023). A popularização da aquariofilia ao redor do mundo consagra os peixes ornamentais como os mais numerosos entre os animais de estimação, chegando a mais de 655 milhões de unidades de peixes considerados como pets (Apex-Brasil, 2016).

No Brasil, a comercialização de peixes ornamentais apresentou um crescimento de 4% em 2022 (ABINPET, 2024). A demanda por diferentes espécies impulsiona tanto o mercado nacional, quanto o mercado internacional da aquariofilia, cenário onde o Brasil é favorecido, especialmente pelo interesse global em espécies da Amazônia (Evers *et al.*, 2019). Endêmico da região amazônica, o peixe ornamental *Apteronotus albifrons* (Gymnotiformes: Apteronotidae), popularmente conhecido como ituí cavalo ou “blackghost knifefish”, vem ganhando destaque na aquariofilia, figurando entre as espécies de peixes no aquarismo brasileiro (Geller *et al.*, 2020). Esta espécie apresenta um grande potencial, pois além de sua coloração e morfologia distintas, é dotado de órgãos capazes de produzir e interpretar campos elétricos que conferem a *A. albifrons* peculiaridades comportamentais atrativas de natação reversa e movimentos ondulatórios (Nelson e Macier, 1999).

Parte do comércio de espécies ornamentais advém diretamente do extrativismo ou recorre à captura de matrizes selvagens para formação de plantéis comerciais, no qual o parasitismo ocorre normalmente em diversidade parasitária superior aos peixes de cultivo (Tavares-Dias, 2009). Em ambiente natural a relação estabelecida entre hospedeiro-patógeno-ambiente comumente apresenta-se em harmonia, enquanto o ambiente de confinamento propicia cenários que facilitam o desequilíbrio dessas condições e favorecem o surto de enfermidades. Desse modo, destacam-se os aspectos sanitários como um dos principais entraves nas pisciculturas ornamentais (Santos *et al.*, 2023).

Prevenir impactos econômicos relacionados a taxa de mortalidade, emprego de tratamento e redução dos índices zootécnicos, são determinantes para o sucesso das atividades aquícolas. (Cruz *et al.*, 2023) Essas problemáticas aparecem, principalmente, por situações em que os peixes são expostos à má qualidade de água, manejo inadequado, nutrição deficiente e alta densidade de estocagem, uma vez que essas condições expõem os animais ao estresse e os predis põem a infecções por bactérias, fungos, vírus e parasitos (Martins *et al.*, 2018; Tavares-Dias *et al.*, 2014)

Os principais parasitos de peixes ornamentais encontrados no Brasil são os crustáceos, protozoários, monogenoides, cestoides e os nematoides (Martins *et al.*, 2018). Quanto aos nematoides, eles estão presentes tanto na natureza quanto nos ambientes de cultivo, onde Florindo *et al.*, (2017), relataram prevalências de nematoides de até 100% em pisciculturas ornamentais de Santa Catarina.

Em espécies ornamentais, Santos *et al.*, (2017) reportaram nematoides do gênero *Rhabdochona* sp. diagnosticados em espécimes de tetra-rosa (*Gymnocorymbus ternetzi*), enquanto Florindo *et al.*, (2017) identificaram *Capillaria* sp. em acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*), platis (*Xiphophorus maculatus*) e bettas (*Betta splendens*) de pisciculturas nacionais. Similarmente, Tavares-Dias *et al.*, (2014) encontraram nematoides em indivíduos de aruanã (*Osteoglossum bicirrhosum*) e oscar (*Astronotus* spp.) em ambiente natural, além de larvas de nematoides em pacu prata (*Metynnis lippincottianus*) (Hoshino e Tavares-Dias, 2014; Moreira *et al.*, 2009).

A manifestação dos sinais clínicos de parasitoses pode se manter discreta e inespecífica e o agravamento do quadro dependerá também da espécie do parasito, dos órgãos afetados e do grau de acometimento do hospedeiro (Martins *et al.* 2018; Fortes, 2004). Nematoides conseguem parasitar diversos sítios de infecção como músculos, intestinos, fígado, superfície das vísceras e cavidade visceral (Martins *et al.* 2018) e são capazes de provocar danos severos ao hospedeiro como perfuração intestinal, necrose, anemia e morte (Santos *et al.* 2017).

No que diz respeito à investigação das ictiopatologias, a análise do perfil dos índices hematológicos é um recurso amplamente utilizado nas rotinas de pesquisa e de sanidade, uma vez que os parâmetros sanguíneos se mostram altamente sensíveis às condições ambientais citadas, fornecendo informações confiáveis sobre o estado fisiológico do indivíduo (Witeska *et al.*, 2023; 2022; Kent *et al.*, 2012; Tavares-Dias *et al.*, 2009;). Além disso, esses dados podem ser obtidos de forma rápida, não letal e de baixo custo, possibilitando um diagnóstico precoce e uma tomada de decisão eficiente a fim de evitar prejuízos econômicos na atividade (Santos *et al.*, 2023).

Para peixes da ordem Gymnotiformes, Ventura *et al.*, (2018a) relataram que os valores de eritrócitos de tuviras *Gymnotus* spp. saudáveis criadas em cativeiro de $2.104 \pm 0.673 \times 10^6/L$, mostrando-se similares a outras espécies cultivadas. De forma semelhante, Rodrigues *et al.*, (2018) concluíram que parâmetros hematológicos, leucocitários e morfológicos das células de defesa de tuviras capturadas do ambiente selvagem são comparáveis aos de outras espécies de peixes do Pantanal. Análises hematológicas são essenciais para compreender a fisiologia das

diferentes espécies de peixes e fornecem um meio de diagnóstico para reconhecer a homeostase, o estresse e as patologias nesses animais (Witeska *et al.*, 2022).

Até o presente momento, a literatura carece de informações sobre os detalhes da hematologia de espécies de apteronotídeos, assim como informações sobre enfermidades e a parasitofauna que acometem estes peixes e as consequências desse parasitismo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as características hematológicas e condição corporal do peixe ornamental *Apteronotus albifrons* parasitado por nematoides Guyanemidae gen. sp.;

2.2 Objetivos específicos

Registrar a presença de nematoides Guyanemidae gen. sp. no peixe ornamental amazônico *Apteronotus albifrons*;

Avaliar o fator de condição corporal do peixe ornamental *A. albifrons* parasitado por nematoides Guyanemidae gen. sp.;

Avaliar a correlação ente infestação por nematoides e os parâmetros biométricos de peso e comprimento do peixe ornamental *A. albifrons* parasitado por nematoides Guyanemidae gen. sp.;

Avaliar o número de eritrócitos e hematócrito do peixe ornamental *A. albifrons* parasitado por nematoides Guyanemidae gen. sp.;

Verificar a contagem total de trombócitos e leucócitos e a contagem diferencial de leucócitos de *A. albifrons* parasitado por nematoides Guyanemidae gen. sp.;

Analisar a morfologia das células sanguíneas de *A. albifrons* parasitado por Guyanemidae gen. sp.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos gerais sobre *Apteronotus albifrons*

Apteronotus albifrons, popularmente chamado de Ituí Cavalo, pertence à ordem dos Gymnotiformes, família Apterontidae e gênero *Apteronotus*, é um peixe neotropical de água doce com ampla distribuição geográfica na América do Sul e América Central, abrangendo do Panamá até a bacia do Paraná-Paraguai, em especial as bacias do Amazonas, Orinoco e Guianas, habitando áreas de pântano, estuários e riachos (Crampton *et al.*, 2013).

Os Gymnotiformes são conhecidos como “peixe-faca” devido ao seu formato peculiar de corpo lateralmente alongado e achatado, com nadadeiras ausentes ou adaptadas para movimentos ondulatórios. Essa ordem forma o único grupo de peixes neotropicais com a capacidade de simultaneamente produzir e processar impulsos elétricos para fins sensoriais através de órgãos elétricos e eletrosensíveis especializados (Nelson e Maciver, 1999; Carr e Maler, 1986). Na família dos apteronotídeos, em especial, os órgãos de descarga elétrica distinguem-se pois têm origem neurogênica, ou seja, são derivados de células nervosas, ao invés de células musculares, como ocorre nas demais famílias. Além disso, os integrantes da família Apterontidae contam com a presença de um filamento carnoso dorsal eletroreceptivo e de nadadeira caudal (Queiroz *et al.*, 2013).

Apteronotus albifrons possui um campo elétrico considerado fraco, entre 750Hz e 1250 Hz, e em forma de ondas, sendo dependente dele para uma variedade de funções (Thomas *et al.*, 1998). Devido a sua visão ineficiente, recorre ao campo para navegação, orientação, localização e captura de presas, podendo navegar facilmente em águas turvas. Além disso, utiliza-o para comunicação, identificação e reconhecimento de parceiros reprodutivos, sendo capaz de modular o campo elétrico de formas diferentes entre as etapas de vida e de acordo com o sexo e a maturidade sexual do animal (Bullock, 2005; Bastia, 1982).

Em decorrência dessas características complexas, *A. albifrons* tem servido como notável espécime de pesquisa para estudos em diversas áreas da neurociência (Leonard *et al.*, 2022; Bullock *et al.*, 2005;), neuroetologia (Martinez *et al.*, 2016; Nelson e Macier, 1999), eletrolocalização (Nelson e Macier, 1999) e biomonitoramento de qualidade de água (Mucha *et al.*, 2021; Thomas *et al.*, 1997). Além disso, pelo seu comportamento singular e devido à sua morfologia distinta, o ituí cavalo é uma espécie nativa que tem se popularizado entre os aquaristas, sendo citado em pesquisa recente como um dos peixes figurando no aquarismo brasileiro (Geller *et al.*, 2020).

Entretanto, apesar de sua relevante presença no meio científico, comercial e ampla distribuição geográfica sul-americana, destaca-se a lacuna na literatura a respeito das enfermidades que acometem *A. albifrons*, sendo o único relato encontrado até o momento de Azevedo *et al.*, (2005), que relataram o mixosporídeo *Myxobolus desaequalis* parasitando as lamelas branquiais de peixes coletados do Rio Amazonas, na Ilha de Marajó.

Para peixes Gymnotiformes, os parasitos são mais bem documentados na família Gymnotidae, onde Ventura *et al.*, (2018b) encontraram uma ampla variedade de parasitos Digenea, Nematoda, Pentastomida e Acanthocephala em Gymnotiformes utilizados como isca-viva na região do Pantanal. Ainda nessa região, o parasito *Brevimulticaecum* sp. (Heterocheilidae) foi encontrado no fígado de *Gymnotus inaequilabiatus* (Dezfuli *et al.*, 2016). Na região amazônica, *Clinostomum marginatum* (Clinostomidae) foram relatados em diversas espécies de gimnotídeos (Chagas De Souza *et al.*, 2020) e, recentemente, Virgilio *et al.*, (2023) caracterizaram *Ancyracanthus electrophori* em *Electrophorus varii*. Além disso, na família Hypopomidae também foram identificados *Myxobolus freitasi* n. sp. (Sindeaux-Neto *et al.*, 2021) e diversas espécies de monogenoides *Urocleidoides* (Monogenea) (Mendoza-Franco *et al.*, 2008).

3.2 Nematoides

Os nematoides compõem o grupo de organismos multicelulares mais abundantes do planeta, estando presentes em todos os ecossistemas ao redor do mundo e se mostrando extremamente resilientes e adaptados às adversidades ambientais (Soomro *et al.*, 2022). Nematoides compreendem tanto indivíduos de vida livre, quanto ectoparasitos e endoparasitos obrigatórios altamente específicos, e, para tal, apresentam uma ampla variedade de formas, tamanhos e estruturas, sendo tipicamente vermiformes, bilateralmente simétricos, triploblásticos, não segmentados e pseudocelomados (Shah e Mahamood, 2017).

A taxonomia dos nematoides se baseia tradicionalmente na análise de caracteres morfológicos e anatômicos por meio de microscopia óptica e de microscopia eletrônica de varredura e complementada com sequenciamento genético (Soomro *et al.*, 2022). Entretanto, Oliveira *et al.* (2011) destacaram estes indivíduos como um dos organismos mais difíceis de serem identificados a nível de espécie em decorrência do seu tamanho reduzido, semelhança morfológica e dificuldade de observação e distinção das características-chave de classificação. O avanço das tecnologias de microscopia eletrônica de varredura possibilita a visualização em alta resolução das estruturas externas desses indivíduos, enquanto o advento das técnicas de

análises moleculares de DNA e PCR promoveram grande avanço nos estudos filogenéticos e de distinção entre espécies (Shah e Mahamood, 2017).

De acordo com Soomro *et al.* (2022), cerca de 50% da população de nematoides são marinhos e 25% são de vida livre no solo, enquanto 10% são parasitos de plantas e 15% são parasitos de animais, os quais incluem importantes patógenos associados à saúde humana e animal. O ciclo de vida dos parasitos nematoides é complexo e frequentemente acomete diversas espécies como hospedeiros definitivos, intermediários e paratênicos, os quais são infectados via cadeia trófica (Oliveira *et al.*, 2019). Por isso, os nematoides estão entre os principais patógenos de peixes e acometem praticamente todos os órgãos desses animais, tanto na forma adulta, como na forma larval, podendo ser encontrados parasitando músculos, intestinos, fígado, superfície das vísceras e cavidade visceral (Martins *et al.*, 2018).

No Brasil, o primeiro estudo de revisão da parasitofauna de nematoides de peixes de água doce foi realizado por Travassos *et al.* (1928), seguido por Vicente *et al.* (1985), Thatcher (2006), Moravec (1998), Eiras *et al.* (2010), Luque *et al.* (2011) e Santos Reis *et al.* (2021). O trabalho mais recente, de Santos Reis *et al.* (2021), traz uma revisão atualizada sobre nematoides parasitos de peixes da Região Amazônica Brasileira, complementando os trabalhos de pesquisadores anteriores e trazendo a adição de 14 espécies, 4 redescrições, 125 hospedeiros e 15 registros geográficos e associações parasitos-hospedeiros. Por meio dele, conclui-se que as famílias Camallanidae (Railliet e Henry, 1915) e Anisakidae (Skrjabin e Karokhin, 1945) são as mais amplamente documentadas, com o maior número de espécies registradas. Respectivamente, *Spirocamallanus inopinatus* e *Contracecum* sp. foram as espécies encontradas na maior variedade de hospedeiros, incluindo espécies de relevância econômica para a região como *Arapaima gigas*, *Brycon amazonicus*, *Hoplias malabaricus*, *Piaractus brachypomus*, *Corydoras amapaensis* e *Astronotus ocellatus*, parasitando principalmente o intestino desses animais.

Para nematoides da família Guyanemidae, estes foram reportados na bacia do rio São Francisco, Minas Gerais, em traíra *Hoplias malabaricus* (Duarte *et al.*, 2023), no rio Tibagi, Paraná, em peixe cachorro *Acestrorhynchus lacustris* (Silva-Souza & Saraiva, 2002) e na bacia Amazônica (Morey e Malta, 2018; Oliveira *et al.*, 2018). Além disso, foram também reportados em países sul-americanos como Chile (Muñoz, 2010), Argentina (Moravec *et al.*, 2018; Braicovich *et al.*, 2007; Brugni e Viozzi, 2006) e Venezuela (Moravec *et al.*, 1996). Guyanemidae pertence à superfamília Dracunculoidea, composta por nematoides parasitos

principalmente de peixes dulcícolas e marinhos, tendo como sítio de infestação a musculatura, superfície dos órgãos viscerais, olhos e cavidade corporal (Moravec, 2004).

Aderidos à musculatura dos hospedeiros, parasitos adultos sobrevivem assimilando substâncias nutritivas e, como consequência, dificultam a absorção dos nutrientes pelo hospedeiro e causa. lesões que se tornam portas para infecções secundárias (Tavares-Dias e Marinho, 2011). De forma geral, os sinais clínicos causados por infestações variam conforme a espécie do parasito, o estágio de desenvolvimento, os órgãos acometidos e o grau de infestação, podendo ser discretos e inespecíficos até graves e severos, apresentando, entre outros sinais, redução de crescimento, lesões inflamatórias, edema, perfuração e obstrução intestinal, granulomas, espoliação, necrose, anemia e morte (Martins *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2016; Fortes, 2004).

A correta identificação dos parasitos é essencial para acessar as formas de tratamentos mais efetivas. Além disso, endoparasitos e ectoparasitos podem atuar como bioindicadores da qualidade do meio em que estão inseridos, pois são capazes de responder a diversos tipos de poluição, especialmente em ambientes aquáticos (Leite *et al.*, 2023; Lehun *et al.*, 2023). Apesar dos crescentes avanços nas pesquisas da parasitofauna de nematoides brasileiros, esse campo de pesquisa ainda carece de estudos, em especial no bioma amazônico, quando considerada a abrangência dessa região, sua enorme biodiversidade de fauna e os relevantes impactos sanitários e ecossistêmicos dos quais os nematoides participam.

3.3 Análises hematológicas

A hematologia é definida como a ciência que estuda o sangue dos seres vivos, assim como seus componentes, padrões e variações (Ranzani-Paiva *et al.*, 2013). O sangue é um tecido líquido, móvel, relativo ao sistema circulatório e relacionado diretamente à uma grande variedade de funções homeostáticas, adaptativas e transportadoras no organismo. Sabendo disso, a análise do perfil dos índices hematológicos é um recurso que tem sido amplamente utilizado nas rotinas de pesquisas e de sanidade para a avaliação da saúde e dos impactos do ambiente nos animais, uma vez que os parâmetros sanguíneos se mostram altamente sensíveis às condições do meio e são capazes de fornecer informações confiáveis sobre o estado fisiológico dos indivíduos (Witeska *et al.*, 2022; 2023; Kent *et al.*, 2012; Tavares-Dias *et al.*, 2009).

As análises sanguíneas podem ser separadas por três partes: a série vermelha do sangue avalia principalmente a morfologia das células, a capacidade de transporte de gases e a presença

de anemias. A série branca funciona como indicador e avaliação do sistema imunológico, por meio do qual se consegue estimar a presença de infecções e inflamações. A terceira parte, a avaliação do soro, é utilizada na realização de exames bioquímicos, sorológicos e hormonais que podem fornecer numerosas informações sobre o quadro clínico dos animais (Witeska *et al.*, 2022; Ranzani-Paiva *et al.*, 2013).

Para peixes da ordem Gymnotiformes, Ventura *et al.*, (2018a) relataram que os valores de eritrócitos de tuviras *Gymnotus* spp. saudáveis criadas em cativeiro de $2.104 \pm 0.673 \times 10^6/L$, e indicando que os valores se mostram similares a outras espécies cultivadas. De forma semelhante, Rodrigues *et al.* (2018) concluíram que parâmetros hematológicos, leucocitários e morfológicos das células de defesa de tuviras capturadas do ambiente selvagem são comparáveis aos de outras espécies de peixes do Pantanal. Em situações de estresse e desafio, a identificação de respostas adaptativas é acusada no sangue pelo aumento dos níveis de cortisol, mobilização de recursos energéticos, envolvendo estimulação da captação e transferência de oxigênio, mobilização de substratos energéticos, realocação de energia para longe do crescimento e reprodução e principalmente efeitos supressivos nas funções imunológicas (Ahmed *et al.*, 2020). Além disso, a hematologia de peixes é amplamente aplicada no estudo da toxicologia, na qual funcionam como bioindicadores da poluição do ambiente aquático (Witeska *et al.*, 2023).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABINPET - Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. (2024). Mercado Pet Brasil 2024. São Paulo, Disponível em: <https://abinpet.org.br/wp-content/uploads/2024/03/abinpet_folder_dados_mercado_2024_draft2_web.pdf>. Acesso em: 10 maio. 2024.
- APEX-BRASIL. **Passo a passo da exportação da aquariofilia**: cartilha da Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos. São Paulo, 2016. 44 p.
- AHMED, I.; RESHI, Q. M.; FAZIO, F. The influence of the endogenous and exogenous factors on hematological parameters in different fish species: a review. **Aquaculture International**, v. 28, n. 3, p. 869–899, 2020. DOI: doi.org/10.1007/s10499-019-00501-3.
- AZEVEDO, C.; CORRAL, L.; MATOS, E. *Myxobolus desaequalis* n. sp. (Myxozoa, Myxosporea), parasite of the Amazonian freshwater fish, *Apteronotus albifrons* (Teleostei, Apterontidae). **Journal of Eukariotic Microbiology**, v. 49, n. 6, p. 485-488, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2002.tb00233.x>.
- BASTIAN, J. Vision and electroreception: integration of sensory information in the optic tectum of the weakly electric fish *Apteronotus albifrons*. **Journal of Comparative Physiology**, v. 147, n. 3, p. 287-297, 1982. DOI: doi.org/10.1007/BF00609662.
- BULLOCK, T. H. **Electroreception**. Annual review of neuroscience, Springer, 1982. DOI: [10.1146/annurev.ne.05.030182.001005](https://doi.org/10.1146/annurev.ne.05.030182.001005).
- CARR, C. E.; MALER, L.; TAYLOR, B. A time-comparison circuit in the electric fish midbrain. II. Functional morphology. **Journal of Neuroscience**, v. 6, n. 5, p. 1372-1383, 1986. DOI: [10.1523/JNEUROSCI.06-05-01372.1986](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.06-05-01372.1986)
- CHAGAS DE SOUZA, D.; NOGUEIRA, A.; CORRÊA, L. L. Parasitism by *Clinostomum marginatum* (Clinostomidae) in neotropical electric fish (Gymnotiformes) in the Brazilian Amazon. **Annals of Parasitology**, v. 66, 2020. DOI: [10.17420/ap6601.243](https://doi.org/10.17420/ap6601.243).
- CRUZ, M. G. *et al.*, Enfermidades parasitárias e bacterianas na piscicultura brasileira: insights e perspectivas. **i-EDUCAM**, 2023, P. 150, DOI: [10.29327/5283434](https://doi.org/10.29327/5283434).
- CRAMPTON, W.; G. R.; Cella-Ribeiro, A. (2013). Apterontidae. In: Queiroz L. J.; Torrente-Vilara G; Ohara, W. M.; Pires, T.; Zuanon, J. A. S.; Doria, C. R. C. 2013. **Peixes do rio Madeira**, Dialeto, São Paulo, SP
- EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil. **Maringá: Clichetec**, v. 333, 2010.

- EVERS, G. H.; PINNEGAR, J. K.; TAYLOR, M. I. Where are they all from?—sources and sustainability in the ornamental freshwater fish trade. **Journal of Fish Biology**, v. 94, n. 6, p. 909-916, 2019.
- FORTES, E. *Parasitologia Veterinária*. 4ª ed. São Paulo: Ícone Editora, 2004. 607 p.
- FLORINDO, M.C. *et al.*, Metazoan parasites of freshwater ornamental fishes. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, n. 5, p. 992–998, 2017. DOI: 10.3856/vol45-issue5-fulltext-15.
- GELLER, I.V. *et al.*, Aquarismo no Brasil: do simples ao complexo e o descarte de espécies não nativas. **Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia**, v. 131, n. 1, p. 33-52, 2020.
- HOSHINO, M. D. F. G.; TAVARES-DIAS, M.; Ecology of parasites of *Metynniss lippincottianus* (Characiformes: Serrasalminidae) from the eastern Amazon region, Macapá, State of Amapá, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 2, p. 249-255, 2014. DOI: 10.4025/actascibiols.v36i2.19876
- KENT, M. L.; HARPER, C.; WOLF, J. C. Documented and Potential Research impacts of subclinical diseases in zebrafish. **ILAR Journal**, v. 53, n. 2, p. 126–134, 2012. DOI: 10.1093/ilar.53.2.126.
- LEHUN, A. L.; DUARTE, G. S. C.; TAKEMOTO, R. M. Nematodes as indicators of environmental changes in a river with different levels of anthropogenic impact. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 95, n. 4, 2023. DOI: 10.1590/0001-3765202320200307.
- LEITE, L. A. R. *et al.*, Seasonal patterns of infestation by monogenean parasites of fish and their relationship with water parameters in two rivers with different disturbance gradients in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 2023. DOI: 10.1590/1519-6984.255758.
- LEONARD, J.; MATSUSHITA, A.; KAWASAKI, M. Morphology and receptive field organization of a temporal processing region in *Apteronotus albifrons*. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 208, n. 3, p. 405–420, 2022. DOI: 10.1007/s00359-022-01546-1.
- LUQUE, J.L. *et al.*, Checklist of Nematoda associated with the fishes of Brazil. **Zootaxa**, v. 3082, n. 1, p. 1–88-1–88, 2011.
- MARTINEZ, D.; METZEN, M. G.; CHACRON, M. J. Electrosensory processing in *Apteronotus albifrons*: Implications for general and specific neural coding strategies across wave-type weakly electric fish species. **Journal of Neurophysiology**, v. 116, n. 6, p. 2909–2921, 2016. DOI: 10.1152/jn.00594.2016.

- MARTINS, M.L.; FUJIMOTO, R.Y.; TANCREDO, K.R.; CARDOSO, L.; FURTADO, W.E.; SOUSA, N.C.; SANTOS, M.A.; JERÔNIMO, G.T. Manual de enfermidades parasitárias de peixes ornamentais de água doce. UFSC, Florianópolis, 2018, 24 p.
- MENDOZA-FRANCO, E. F.; REINA, R. G. Five New Species of *Urocleidoides* (Monogenoidea) (Mizelle and Price 1964) Kritsky, Thatcher, and Boeger, 1986, Parasitizing the Gills of Panamanian Freshwater Fishes. **Journal of Parasitology**, v. 94, n. 4, p. 793–802, 2008. DOI: 10.1645/GE-1438.1.
- MORAES, F.; MARTINS, M. Condições predisponentes e principais enfermidades de teleósteos em piscicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**, Tecart, p. 343–386, 2004.
- MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region**. 1998.
- MOREIRA, L. H. A.; TAKEMOTO, R.; YAMADA, F.; CESCHINI, T. L.; PAVANELLI, G. C. Ecological aspects of metazoan endoparasites of *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) (Characidae) from upper Paraná River floodplain, Brazil. **Helminthologia**, v. 46, p. 214-219, 2009. DOI: 10.2478/s11687-009-0040-9
- MUCHA, S.; CHAPMAN, L. J.; KRAHE, R. The weakly electric fish, *Apteronotus albifrons*, actively avoids experimentally induced hypoxia. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 207, n. 3, p. 369–379, 2021. DOI: 10.1007/s00359-021-01470-w.
- NELSON, M. E.; MACIVER, M. A. Prey capture in the weakly electric fish *Apteronotus albifrons*: sensory acquisition strategies and electrosensory consequences. **Journal of Experimental Biology**, v. 202, n. 10, p. 1195–1203, 1999. DOI: 10.1242/jeb.202.10.1195.
- OLIVEIRA, C. M. G. DE; MONTEIRO, A. R.; BLOK, V. C. Morphological and molecular diagnostics for plant-parasitic nematodes: working together to get the identification done. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, p. 65–73, 2011. DOI: 10.1590/S1982-56762011000200001.
- OLIVEIRA, M. S. B. *et al.*, Larvas de nematoides de potencial zoonótico infectando peixes carnívoros do baixo Rio Jari, no Norte do Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 9, n. 4, p. 50-52, 2019. DOI: 10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v9n4p50-52.
- QUEIROZ, L. J.; VILARA, G. T.; OHARA, W. M.; PIRES, T. H.; ZUANON, J. A. S.; DÓRIA, C. R. C.; Peixes do Rio Madeira-Y-Cuyari Pirá-Ketá. 2013.
- RANZANI-PAIVA, M.J.T. *et al.*, Métodos para análise hematológica em peixes. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM, 2013.

REZENDE, F. P.; FUJIMOTO, R. Y. Peixes Ornamentais no Brasil, Volume 1: Mercado, legislação, sistemas de produção e sanidade. **Embrapa**, v. 1, n. 1, p 297, Brasília, DF, 2021.

RODRIGUES, R. A. *et al.*, Hematological and biometric traits of tuvira *Gymnotus inaequilabiatus* (Valenciennes, 1839) (Gymnotiformes: Gymnotidae) from the Brazilian Pantanal. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 49–57, 2018.

SANTOS, G. G.; FERREIRA, M. B.; PEREIRA-JUNIOR, J. A.; SILVA, A. V.; SANTOS, P. C.; BRUM, A.; MOURIÑO, J.L.P.; JERÔNIMO, G.T.; MARTINS, M.L. Cap. 31. Avanços das tecnologias aplicadas na sanidade de peixes ornamentais. In: PILARSKI, F.; TAVARES, G.C.; VALLADÃO, G.M.R.; DOTTA, G.; LIZAMA, M.A.P.; TAKEMOTO, R.M. (Org.). **Sanidade de Organismos Aquáticos: avanços no diagnóstico, controle e monitoramento de doenças**. 1º ed. Belo Horizonte/MG: ABRAPOA, 2023, v. 1, p. 583-.

SANTOS, M. A.; JERÔNIMO, G. T.; CARDOSO, L.; TANCREDO, K. R.; MEDEIROS, P. B.; FERRAREZI, J. V.; GONÇALVES, E. L. T.; ASSIS, G. C.; MARTINS, M. L. Parasitic fauna and histopathology of farmed freshwater ornamental fish in Brazil. **Aquaculture**, v. 470, p. 103–109, 2017. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.12.032

SANTOS REIS, M. H.; SANTOS, C. P.; NUNES, J. L. S.; MUGNAI, R. Checklist of nematodes parasitizing fish in the Brazilian Amazon. **Journal of Helminthology**, v. 95, p. e75, 2021.

DEZFULI, B. S; FERNANDES, C. E.; GALINDO, G. M.; CASTALDELLI, G.; MANERA, M.; DEPASQUALE, J. A.; LORENZONI, M.; BERTIN, S.; GIARI, L. Nematode infection in liver of the fish *Gymnotus inaequilabiatus* (Gymnotiformes: Gymnotidae) from the Pantanal Region in Brazil: pathobiology and inflammatory response. **Parasites and Vectors**, v. 9, n. 1, p. 473, 2016.

SHAH, M. M.; MAHAMOOD, M. **Nematology - Concepts, Diagnosis and Control**. InTech, 2017.

SINDEAUX-NETO, J. L. *et al.*, *Myxobolus freitasi* n. sp. (Myxozoa: Bivalvulida), a parasite of the brain of the electric knifefish in the Brazilian Amazon region. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 30, n. 1, e020920, 2021.

SOOMRO, M. H.; IQBAL, E.; KAZI, F. Textbook of Plant Nematology. [s.l.] National **Nematological Research** Center, University of Karachi, Karachi, 2022, v. 1, p. 553 DOI: 10.33804/978.969.23704.0.0

- TAVARES-DIAS, M.; SOUSA, T. J. S. M.; NEVES, L. R. Parasitic infections in two Benthopelagic fish from Amazon: the Arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossidae) and oscar *Astronotus ocellatus* (Cichlidae). **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 546-555, 2014.
- TAVARES-DIAS, M.; LEMOS, J. R. G.; MARTINS, M. L.; JERÔNIMO, G. T. Metazoan and protozoan parasites of freshwater ornamental fish from Brazil, cap 19. In: TAVARES-DIAS, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p. 469-494.
- TAVARES-DIAS, M.; MARINHO, R. Parasitos de pirarucu cultivados em três estados da Amazônia. 2011.
- THATCHER, V.E. **Amazon fish parasites**. Pensoft Publishers, 2006.
- THOMAS, M.; FLORION, A.; CHRÉTIEN, D. The Effect of pH and Conductivity on the electric behaviour of *Apteronotus albifrons* (Family Apteronotidae) in a pollution monitoring system. **Environmental Technology**, v. 18, n. 11, p. 1069–1083, 1997. DOI 10.1080/09593331808616627.
- THOMAS, M.; FLORION, A.; CHRÉTIEN, D. A new warning biomonitor using a weakly electric fish, *Apteronotus albifrons* (Gymnotiformes), and the effect of temperature on the bioelectric responses. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 51, n. 3, p. 605–620, 1998. DOI 10.7281/T1/XTSKOW.
- TRAVASSOS, L.; ARTIGAS, P.; PEREIRA, C. Fauna helmintológica dos peixes de água doce do Brasil. **Archivos do Instituto Biológico**, v. 1, p. 5-68, 1928.
- TURNER, C. R.; DERYLO, M.; SANTANA, C. D.; ALVES-GOMES, J. A.; SMITH, G. T. Phylogenetic comparative analysis of electric communication signals in ghost knifefishes (Gymnotiformes: Apteronotidae). **Journal of Experimental Biology**, v. 210, n. 23, p. 4104–4122, 2007. DOI: 10.1242/jeb.007930.
- VENTURA, A. S. JERÔNIMO, G. T.; FERRI, G. H.; PÁDUA, S. B.; MARTINS, M. L.; ISHIKAWA, M. M. Erythrocyte parameters and condition factor of *Gymnotus* spp. (Gymnotiformes: Gymnotidae) under culture conditions. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 40, 2018a. DOI: 10.29374/2527-2179.bjvm020318.
- VENTURA, A. S.; FERRI, G. H.; PÁDUA, S. B.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L.; TAKEMOKO, R. M.; JERÔNIMO, G. T. Endoparasitos de *Gymnotus* sp. (Gymnotiformes: Gymnotidae) de isqueiros comerciais na bacia do pantanal, Brasil central. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 44, n. 3, p. 10–16, 2018b. DOI: 10.20950/1678-2305.2018.322.

VICENTE, J. J.; PINTO, R. M. Nematóides do Brasil: nematóides de peixes atualização: 1985-1998. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 3, p. 561–610, 1999. DOI: 10.1590/S0101-81751999000300001.

VIRGILIO, L. R. *et al.*, Morphological description and molecular characterization of *Ancyracanthus electrophori* n. sp. (Gnathostomatoidea: Gnathostomatidae): a new nematode parasitic in the electric eel *Electrophorus varii* (Gymnotiformes: Gymnotidae), from the Brazilian Amazon. **Journal of Helminthology**, v. 97, p. e9, 2023. DOI: 10.1017/S0022149X22000864.

WITESKA, M; KONDERA, E.; ŁUGOWSKA, K; BOJARSKI, B. Hematological methods in fish – Not only for beginners. **Aquaculture**, v. 547, p. 737498, 2022. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737498.

WITESKA, M.; KONDERA, E.; BOJARSKI, B. Hematological and Hematopoietic Analysis in Fish Toxicology—A Review. **Animals**, v. 13, n. 16, p. 2625, 2023. DOI: 10.3390/ani13162625.

O artigo científico a seguir está redigido conforme o periódico “Aquaculture”. As normas podem ser acessadas pelo endereço eletrônico: <https://www.sciencedirect.com/journal/aquaculture/publish/guide-for-authors>. Acesso em: 18 nov. 2024.

Caracterização hematológica do peixe ornamental *Apteronotus albifrons* (Linnaeus, 1766) parasitado pelo nematoide Guyanemidae gen. sp. (Petter, 1975)

Gabriele Bueno dos Anjos^{1*}; Gracienhe Gomes dos Santos¹; Pedro Henrique Magalhães Cardoso²; Domickson Silva Costa¹; Jucimauro de Araújo Pereira Junior¹; Graziella Vivine Gonçalves de Matos Silva¹; Danilo Vitor Vilhena Batista¹; José Blanchard Girão Ribeiro Filho³; Ricardo Massato Takemoto⁴; Mauricio Laterça Martins¹

¹AQUOS-Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos, Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod. Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis, SC, Brasil

²Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, Universidade de São Paulo (USP), Rua Professor Orlando Marques Paiva Butantã, São Paulo, SP, Brasil

³Piscicultura Tanganyika Comércio Importação e Exportação Ltda-ME, Rua Angélica s/n Bairro Parque das Flores, Aquiraz, Ceará, Brasil

⁴Lab. de Ictioparasitologia, Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Maringá, Paraná, Brasil

*Autor correspondente: Gabriele Bueno dos Anjos (AQUOS – Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos, Departamento de Aquicultura, UFSC, SC, Brasil). E-mail: gabrielebueno.ufsc@gmail.com

Resumo

O peixe ituí cavalo *Apteronotus albifrons* é uma espécie de peixe elétrico de interesse para aquicultura ornamental, entretanto, pouco se sabe sobre seus aspectos hematológicos. As análises hematológicas são amplamente utilizadas para avaliar a saúde e o bem-estar dos peixes na aquicultura, uma vez que esses parâmetros são altamente sensíveis a fatores ambientais, estresse e presença de patógenos. Assim, o objetivo deste estudo foi caracterizar a morfologia celular e os parâmetros hematológicos de *A. albifrons* parasitado pelo nematoide Guyanemidae gen. sp. Um total de 12 espécimes adultos foram obtidos de piscicultura ornamental comercial. Amostras de sangue foram colhidas via punção do vaso caudal para determinação de hematócrito (%), contagem total de eritrócitos, contagem total e diferencial de leucócitos, contagem total de trombócitos e análises morfológicas das células sanguíneas. Os parasitos foram diafanizados em lactofenol de Amann para posterior montagem entre lâmina-lamínula e identificação. A análise parasitológica mostrou taxa de prevalência de 100% para Guyanemidae gen. sp., sendo que a análise hematológica mostrou a presença de processo anêmico, eosinofilia e neutropenia severa. O teste de regressão linear múltipla mostrou que não houve relação ($P > 0,05$) entre o número de nematoides e os parâmetros biométricos de peso e comprimento dos peixes. Este é o primeiro estudo a fornecer dados sobre a hematologia de *A. albifrons* e o primeiro registro da ocorrência de Guyanemidae gen. sp. nesta espécie, bem como a descrição dos possíveis efeitos do parasitismo na saúde dos peixes. É necessário estabelecer padrões hematológicos de referência em populações selvagens e espécimes não parasitados para melhor embasar o diagnóstico.

Palavras-chave: Aquicultura, Hematologia, Parasitismo, Nematoda.

1. Introdução

O ituí cavalo (*Apteronotus albifrons* Linnaeus, 1766) é um peixe elétrico neotropical e dulcícola de ampla distribuição geográfica na América do Sul, com grande potencial no mercado do aquarismo (Geller *et al.*, 2020). Parte do comércio de espécies ornamentais advém diretamente do extrativismo ou recorre à captura de matrizes selvagens para formação de plantéis comerciais, onde o parasitismo ocorre normalmente em uma diversidade superior de parasitas em comparação aos peixes cultivados (Tavares-Dias, 2009). Em ambiente natural, a relação estabelecida entre hospedeiro-patógeno-ambiente comumente apresenta-se em harmonia, enquanto o ambiente de confinamento propicia cenários que facilitam o desequilíbrio dessas condições e favorecem o surto de enfermidades. Desse modo, destacam-se os aspectos sanitários como um dos principais entraves nas pisciculturas ornamentais (Santos *et al.*, 2023).

Infestações parasitárias são atribuídas a severos danos para a saúde de peixes e representam grandes impactos na viabilidade econômica da atividade na aquicultura. Os principais parasitos de peixes ornamentais encontrados no Brasil são crustáceos, protozoários, monogenoides, cestóides e os nematoides (Martins *et al.*, 2018). Nematoides ocorrem tanto em ambientes naturais como de cultivo, onde sua prevalência pode chegar a 100% (Florindo *et al.*, 2017). Este grupo de parasitos conseguem parasitar diversos órgãos e tecidos como músculos, intestinos, olhos, fígado, superfície das vísceras e cavidade visceral (Martins *et al.*, 2018) e são capazes de provocar danos severos ao hospedeiro como perfuração intestinal, necrose, anemia e morte (Santos *et al.*, 2017). Nematoides Guyanemidae, em especial, foram registrados na musculatura (Muñoz, 2010); olhos (Silva-Souza e Saraiva, 2002), intestino (Duarte *et al.*, 2023) e cavidade corporal dos hospedeiros (Braicovich *et al.* 2007).

Em espécies ornamentais, Santos *et al.* (2017) reportaram nematoides do gênero *Rhabdochona* sp. diagnosticados em espécimes de tetra-rosa (*Gymnocorymbus ternetzi*), enquanto Florindo *et al.*, identificaram *Capillaria* spp. em acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*), plattys (*Xiphophorus maculatus*) e bettas (*Betta splendens*) de pisciculturas nacionais. Similarmente, Tavares-Dias *et al.* (2014) encontraram nematoides em indivíduos de aruanã (*Osteoglossum bicirrhosum*) e oscar (*Astronotus* spp.) em ambiente natural, além de larvas de nematoides em pacu prata *Metynnis lippincottianus* (Hoshino e Tavares-Dias, 2014; Moreira *et*

al., 2009). Azevedo *et al.* (2005) relataram a presença do parasito mixosporídeo *Myxobolus desaequalis* nas brânquias de *A. albifrons*.

No campo da ictiopatologia, a análise do perfil hematológico é um recurso amplamente utilizado nas rotinas de pesquisa e de sanidade, uma vez que os parâmetros sanguíneos se mostram altamente sensíveis às condições ambientais citadas, fornecendo informações confiáveis sobre o estado fisiológico do indivíduo (Witeska *et al.*, 2023; 2022; Kent *et al.*, 2012; Tavares-Dias *et al.*, 2009). Além disso, esses dados podem ser obtidos de forma rápida e de baixo custo, possibilitando um diagnóstico precoce e uma tomada de decisão eficiente a fim de evitar prejuízos econômicos na atividade (Santos *et al.*, 2023).

Até o presente momento, a literatura carece de informações sobre a hematologia de espécies de família apteronotídeos, assim como informações sobre as enfermidades e a parasitofauna que acometem estes peixes. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a morfologia celular e os parâmetros hematológicos de *A. albifrons*, além de realizar uma avaliação parasitológica da espécie.

2. Material e métodos

2.1. Animais e condições experimentais

Um total de 12 indivíduos adultos de *Apteronotus albifrons* provenientes de piscicultura ornamental localizada no estado do Ceará, Brasil, foram recebidos no laboratório AQUOS em fevereiro de 2024 para análise parasitológica. Os animais foram enviados pelo produtor em sacos plásticos contendo oxigênio, aclimatados por 24 horas e então eutanasiados e preparados para análise parasitológica e hematológica.

2.2. Parâmetros biométricos

Os animais foram pesados e medidos para avaliação da relação peso-comprimento, que foi calculada a partir da equação $W = a.L^b$, onde, “W” é o peso total em gramas e “L” o comprimento padrão em centímetros, o valor de (a) é o intercepto e (b) o coeficiente de regressão. O fator de condição (Kn) foi calculado pela fórmula $kn = \frac{W_o}{W_e}$, onde W_o é o peso observado e W_e é o peso estimado pela relação peso-comprimento.

2.3. Análises hematológicas

Para as análises hematológicas, amostras de sangue foram colhidas por punção do vaso caudal, com seringas contendo anticoagulante ácido etilenodiaminotetracético (EDTA 10%). Uma alíquota de sangue foi destinada para confecção de extensões sanguíneas em duplicatas e foram coradas com May-Grünwald Giemsa-Wright (MGGW) segundo Ranzani-Paiva *et al.*, (2013), para contagens totais de trombócitos e leucócitos e diferencial de leucócitos e análises morfológicas. Outra alíquota foi utilizada para análise do número total de eritrócitos em câmara de Neubauer após diluição 1:200 em fluido de Dacie (Blaxhall e Daisley, 1973). Finalmente, uma alíquota foi utilizada para a determinação do percentual de hematócrito pelo método de microhematócrito (Goldenfarb *et al.*, 1971).

Imagens das células hematológicas foram obtidas em microscópio de fluorescência Olympus BX41 no Laboratório Multiusuário de Estudos em Biologia (LAMEB) da Universidade Federal de Santa Catarina.

2.4 Avaliação parasitológica

Para a análise parasitológica os peixes eutanasiados e necropsiados para obtenção dos órgãos e posterior verificação da presença de parasitos utilizando estereomicroscópio, seguindo as recomendações de Eiras *et al.*, (2006). Foram analisados pele, muco, olhos, cavidade visceral, intestino e músculos. Os nematoides foram fixados em solução de etanol, formaldeído e ácido acético (AFA) (93:5:2) a 60°C e então mantidos em etanol 70%. Parte das amostras foram montadas em lâminas e clarificadas com Lactofenol de Amann (Knoff e Gomes, 2012) para análises morfológicas, morfométricas e identificados segundo Moravec (1998). A intensidade média foi calculada conforme Bush *et al.* (1997).

2.5 Análise Estatística

Os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão.

Foi aplicado o teste de regressão linear múltipla, tendo como variável dependente o número de nematoides e como preditores, o peso e o comprimento ao nível de significância de 5%. A análise foi realizada utilizando o Software R, versão 4.4.0.

3. Resultados

Para os parâmetros biométricos, o comprimento total dos peixes variou entre 17,3 e 21,6 cm, enquanto o peso variou de 17,83 até 40,76 g. A equação de relação peso-comprimento indicou um crescimento alométrico negativo, com valor da constante de regressão (b) igual

2,871. O valor de coeficiente de condição corporal (Kn) variou de 0,781 até 1,213, com média de 1.010 ± 0.151 . Os dados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros biométricos e fator relativo de condição (Kn) para *Apteronotus albifrons* parasitado por Guyanemidae gen. sp.

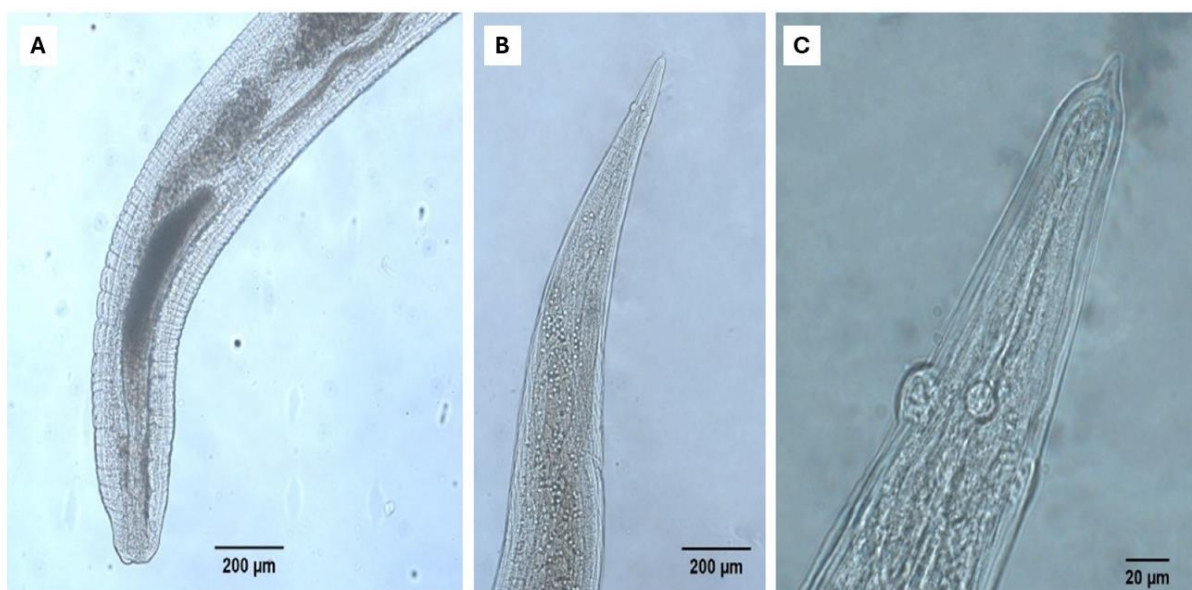
Parâmetros	Valores médios	Min-Max	CV (%)
Peso (g)	$29,56 \pm 6,91$	17,83 – 40,76	23,4
Comprimento (cm)	$19,86 \pm 1,38$	17,3 – 21,6	6,9
Kn	$1,01 \pm 0,15$	0,78 – 1,21	14,9

CV: coeficiente de variação.

Para o teste de regressão linear múltipla, não foi observado modelo linear múltiplo significativo ($P > 0,05$) assim como o modelo de matriz de correlação de Pearson ($p > 0,05$), de autocorrelação de Durbin-Watson ($p > 0,05$) e colinearidade, no qual obteve VIF de 2,54, logo, os preditores não estão competindo entre si. A equação para esse modelo é: $y = -21,49 + 0,27x_1 + 1,33x_2$.

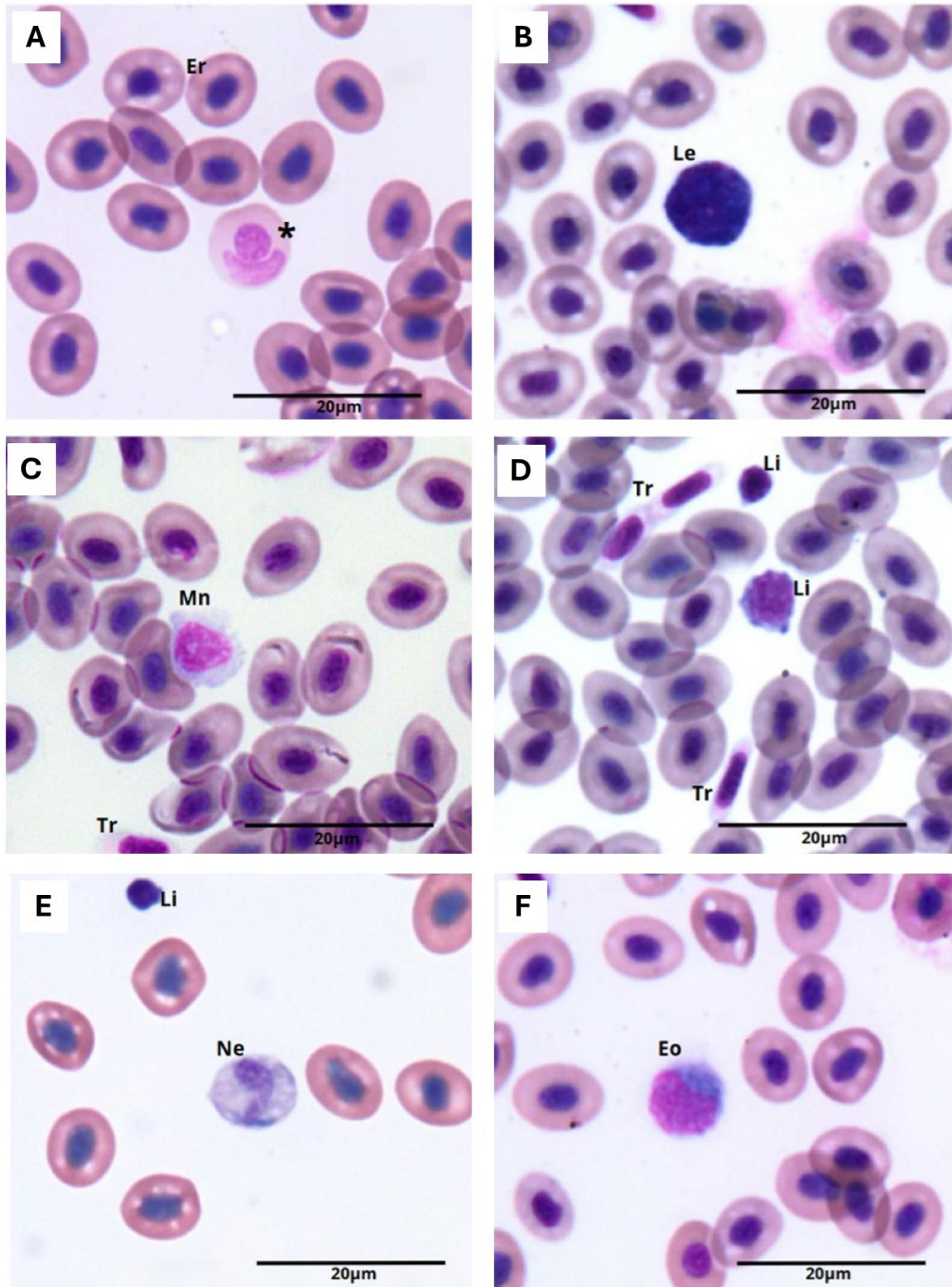
Na análise parasitológica foi constatada uma taxa de prevalência de 100%, onde um total de 150 parasitos foram coletados dos músculos, olhos e cavidade corporal, com intensidade média de $12,5 \pm 7,66$ parasitos por peixe. Os espécimes de parasitos encontrados exibiram características morfológicas compatíveis com Guyanemidae gen. sp. Petter, 1974. (Figura 1).

Figura 1. Extremidade cefálica (A) e extremidade caudal (B, C) de fêmea de Guyanemidae gen. sp. em microscopia de contraste de interferência diferencial (DIC).



As células identificadas nas extensões sanguíneas de *A. albifrons* foram eritrócitos, trombócitos, neutrófilos, eosinófilos, monócitos e linfócitos (Figura 2).

Figura 2. Células sanguíneas de *Apteronotus albifrons* parasitado por Guyanemidae gen sp.



Em (A) Er: eritrócitos; * eritrócito imaturo; (B) Le: leucócito imaturo; (C) Mn: monócito; Tr: trombócito (D) Li: linfócitos; Tr: trombócitos; (E) Ne: neutrófilo; Li: linfócito (F) Eo: eosinófilo. May-Grünwald-Giemsa.

A análise hematológica indicou que os linfócitos foram os leucócitos encontrados em maior número, seguidos por eosinófilos, monócitos, neutrófilos e basófilos. Resultados de eritrograma, leucograma e trombograma são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão, mínimos, máximos e coeficiente de variação das características hematológicas de *A. albifrons* parasitado por *Guyanemidae* gen. sp.

Parâmetros	Valores médios	Min-Max	CV (%)
Eritrócitos ($\times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$)	$1,52 \pm 0,76$	89,5 - 346	50
Hematócrito (%)	$16,55 \pm 5,76$	9 - 28	34
Leucócitos totais ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	$40,85 \pm 20,12$	15,38 - 72,10	49
Linfócitos ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	$40,74 \pm 38,92$	98 - 200	95
Monócitos ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	$6,00 \pm 4,78$	7 - 73	79
Neutrófilo ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	$0,70 \pm 0,62$	3 - 11	88
Basófilo ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	$0,37 \pm 0,13$	1 - 6	35
Eosinófilo ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	$6,04 \pm 9,85$	3 - 76	163
Trombócitos ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	$40,35 \pm 30,35$	24 - 96	75

CV: coeficiente de variação.

4. Discussão

4.1 Avaliação parasitológica

Nematoides Guyanemidae foram reportados em países sul-americanos como Chile (Muñoz, 2010), Argentina (Moravec *et al.*, 2018; Brugini e Viozzi, 2006; Braicovich *et al.*, 2007) e Venezuela (Moravec *et al.*, 1996). No Brasil, foram reportados na bacia do rio São Francisco, Minas Gerais, em traíra *Hoplias malabaricus* (Duarte *et al.*, 2023), no rio Tibagi, Paraná, em peixe cachorro *Acestrorhynchus lacustris* (Silva-Souza & Saraiva, 2002) e na bacia Amazônica (Morey e Malta, 2018; Oliveira *et al.*, 2018).

Guyanemidae pertence à superfamília Dracunculoidea, composta por nematoides parasitos principalmente de peixes dulcícolas e marinhos, tendo como sítio de infestação a musculatura, superfície dos órgãos viscerais, olhos e cavidade corporal (Moravec, 2004). Características morfológicas desse grupo incluem cápsula bucal reduzida ou inexistente, esôfago dividido em porções muscular anterior e glandular posterior. Machos não foram observados neste estudo. Fêmeas apresentam corpo cilíndrico e extremidades anterior e posterior estreitas; extremidade

cefálica arredondada, extremidade posterior pontiaguda. Vulva localizado na região anterior. Fêmeas grávidas de tamanho aumentado, ovovivíparas, com amplo útero estendendo-se até a metade anterior do esôfago glandular, contendo centenas de larvas de primeiro estágio que dificultam a visualização das características (Moravec *et al.*, 2004; 1996).

4.2 Condição corporal

A relação peso-comprimento fornece informações sobre o peso e a biomassa dos peixes e permite comparações entre o crescimento de diferentes espécies. Por meio dela, é possível calcular o fator de condição relativo (Kn), que é empregado em aquicultura como uma forma indireta e não-letal de estimar o grau de higidez de determinada população de peixes (Araújo *et al.*, 2010).

Durante o período de aclimação, os animais apresentaram elevado grau de estresse, letargia e nadavam próximo aos aeradores. Apesar do estresse e do parasitismo, os resultados dos cálculos de fator de condição ($Kn = 1.010 \pm 0.151$) indicaram que os peixes estavam em boas condições corporais ($kn > 1$). O valor de $b = 2,871$ da relação peso-comprimento indicou um crescimento alométrico negativo, onde o peixe aumenta de comprimento mais do que de peso. Esses resultados estão de acordo com os valores encontrados por Dias *et al.*, (2017), de ($Kn = 1,00 \pm 0,06$, $b = 2,41$) e Ventura *et al.*, (2018), de ($Kn = 1.00 \pm 0.041$), para tuviras *Gymnotus inaequilabiatus* sob cultivo, espécie morfologicamente semelhante que compartilha a mesma ordem de *A. albifrons* (Gymnotiformes: Gymnotidae) e (Gymnotiformes:Apteronotidae).

No teste de regressão linear múltipla não foi observado modelo linear múltiplo significativo ($P > 0,05$) entre o número de nematoides e os parâmetros biométricos de peso e comprimento, assim como no modelo de matriz de correlação de Pearson ($p > 0,05$), de autocorrelação de Durbin-Watson ($p > 0,05$) e colinearidade, no qual obteve VIF de 2,54, logo, os preditores não estão competindo entre si. A equação para esse modelo é: $y = -21,49 + 0,27x_1 + 1,33x_2$.

4.3 Análises hematológicas

Eritrócitos são responsáveis pelo transporte dos gases respiratórios e compõem as células mais abundantes da corrente sanguínea (Ranzani-Paiva *et al.*, 2013), onde podem ser encontrados tanto na sua forma madura, como também na forma imatura (eritroblastos), podendo indicar um sinal de eritropoiese saudável ou uma demanda de reposição celular

(Witeska *et al.*, 2013). Eritrócitos maduros corados com May-Grunwald Giemsa Wright apresentaram formato ovalado, citoplasma rosado e com presença de núcleo central condensado basofílico. Eritroblastos apresentaram formato arredondado, com núcleo menos condensado pigmentado em rosa.

Baixos valores de hematócrito e eritrócitos podem estar relacionados a diversos fatores como espécie, idade, nutrição, sazonalidade, qualidade de água, hipoxia, medicamentos, doenças infecciosas e parasitismo (Witeska *et al.*, 2013, 2022). Valores reduzidos acompanhados de intensa carga parasitária podem sugerir a ocorrência de anemia associada a lesões, espoliação e hemorragias causadas por danos aos tecidos (Martins *et al.*, 2004). Comparativamente, os valores de hematócrito de $16.55 \pm 5.76\%$ para *A. albifrons* parasitado por Guyanemidae gen. sp. estão abaixo daqueles encontrados por Rodrigues *et al.*, (2018), de $35.63 \pm 1.80\%$, e Ventura *et al.*, (2018), de $35.0 \pm 8.9\%$, para tucunaré *G. inaequilabiatus* em ambiente de cultivo. Também estão abaixo dos valores reportados para tilápia *Oreochromis* spp. parasitada por *Capillaria* sp. (Nematoda: Trichuroidea) $30.3 \pm 3.9\%$ (Nashaat e Maghawri, 2022) e traíra *Hoplias malabaricus* parasitada por *Contracaecum* sp. (Nematoda, Anisakidae) $29.61 \pm 13.44\%$ (Corrêa *et al.*, 2013). Por outro lado, os valores são semelhantes aos reportados por Martins *et al.*, (2004) para *Leporinus macrocephalus* infestados por *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae), de $14.4 \pm 13.2\%$, onde os peixes enfrentaram quadro de anemia microcítica-hipocrômica.

A morfologia dos trombócitos varia amplamente entre as espécies de peixes. Essas células são componentes do sistema imunológico com função fagocítica e coagulante, onde sua morfologia pode ser atribuída ao estágio de maturação da célula e ao seu grau de ativação (Witeska *et al.*, 2022). Trombócitos apresentaram núcleo central basofílico bem pigmentado e citoplasma claro. Foram encontrados de forma isolada em formato estreito e alongado e em formato arredondado compondo aglomerados coagulantes. Os valores médios da contagem trombocitária estão de acordo com os dados disponíveis para tucunarés (Rodrigues *et al.*, 2018), de $42,18 \pm 2,46 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$, entretanto, a contagem apresentou grande variação entre os indivíduos (CV = 75%), podendo ser associada à uma resposta inata individual dos hospedeiros aos patógenos.

O número total de leucócitos geralmente está associado a estressores ambientais no meio aquático e às respostas contra patógenos, conferindo indícios confiáveis do estado fisiológico dos animais (Witeska *et al.*, 2023; Docan *et al.*, 2018). Entretanto, valores médios em peixes teleósteos podem apresentar variações intraespecífica e interespecífica (Tavares-Dias e

Mataqueiro, 2004). Neste trabalho, os linfócitos foram os leucócitos encontrados em maior número, seguidos por eosinófilos, monócitos, neutrófilos e basófilos.

Em *A. albifrons*, os linfócitos foram encontrados em diferentes formas, indicando a presença de diferentes populações desse grupo celular (Ranzani-Paiva *et al.*, 2013), enquanto os neutrófilos expressaram citoplasma levemente basofílico e proeminente segmentação nuclear. Linfócitos são as principais células responsáveis pelo reconhecimento de antígenos, mobilização imunológica, produção de anticorpos e memória humoral, sendo indicados como os leucócitos mais abundantes em teleósteos saudáveis, seguidos pelos neutrófilos, que, por sua vez apresentam função fagocitária antibacteriana, sendo rapidamente recrutados para sítios inflamatórios e apresentando elevação de números em quadros de infecções (Witeska *et al.*, 2023; Urbinati *et al.*, 2020; Docan *et al.*, 2018; Ranzani-Paiva *et al.*, 2013). Neste estudo, entretanto, uma expressiva ausência de neutrófilos (neutropenia) foi verificada ($0,70 \pm 0,62$), associada à um elevado número de linfócitos (linfocitose).

Valores normais dessas células em peixes saudáveis não parasitados variam entre as espécies citadas, sendo os valores de referência para tuviras em $28,24 \pm 3,48 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ para linfócitos e de $18,45 \pm 2,13 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ para neutrófilos, segundo Rodrigues *et al.* (2018). O quadro verificado de linfocitose em *A. albifrons* indica grande atividade do sistema imune e é compatível com os achados de Kundu *et al.* (2016) que relataram aumento de linfócitos para *Channa punctatus* parasitado por *Eustrongylides* sp. (Nematoda: Dioctophymatidae), de Nashaat e Maghawri, (2022) para *Oreochromis* spp e com os achados de Boon *et al.* (1990) para *Anguilla anguilla* parasitada por *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculidae), aumentando, respectivamente, de $8,18 \pm 1,07 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ para $10,80 \pm 1,18 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$, de $40,33 \pm 0,88 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ para $53,33 \pm 2,96 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ e de $54,60 \pm 19,80 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ para $62,50 \pm 24,6 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$. Entretanto, diverge dos registros de Höglund *et al.* (1992), que relataram redução do número de linfócitos (linfopenia) para infestações por *A. crassus*.

Por outro lado, a redução dos números de neutrófilos não é usual em infestações parasitárias, uma vez que essas células têm grande importância na atuação fagocitária de defesa do organismo e sua ausência pode se tornar crítica, aumentando a severidade de eventuais infecções secundárias (Harvie e Huttenlocher, 2015). Entretanto, a neutropenia aguda pode ser associada a um intenso processo de migração dessas células para os tecidos durante um foco inflamatório de importância (Clauss *et al.*, 2008), como verificado por Furtado *et al.*, (2019) para *Rhamdia quelen* parasitado por *Lernaea cyprinacea*, com valores de neutrófilos na corrente periférica de $3,53 \pm 3,68 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$.

Ainda nos agentes fagocitários, monócitos são as principais células de defesa na atividade fagocitária dos peixes e, assim como os neutrófilos, mobilizam-se por diapedese para sítios de inflamação. Para *A. albifrons* monócitos apresentaram formato irregular, citoplasma azul claro e núcleo rosa. Valores aumentados de monócitos foram reportados em *L. macrocephalus* infestados por *G. leporini* (Martins *et al.*, 2004) e em *Prochilodus lineatus* parasitado por *Neoechinorhynchus curemai* (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) (Belo *et al.*, 2013).

Eosinófilos foram o segundo leucócito mais abundante e destacam-se pelo formato arredondado, presença de grânulos e núcleo eosinofílico. Essas células são consideradas raras em peixes saudáveis, entretanto apresentam elevados números (eosinofilia) durante infestações parasitárias atribuídos à importante atuação contra antígenos de helmintos por meio da degranulação (Witeska *et al.*, 2022; Balla *et al.*, 2010). Fallah *et al.* (2015) relataram aumento discreto de $1,73 \pm 0,87$ para $1,90 \pm 0,85$ no número de eosinófilos em *Esox lucius* parasitado naturalmente por *Eustrongylides exises* e *Raphidascaris acus*. Por outro lado, a infecção pelo nematoide *G. leporini* resultou em quadro expressivo de eosinofilia para *L. macrocephalus* (Martins *et al.*, 2004), com uma diferença de $3,7 \pm 1,2 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ para $13,3 \pm 5,1 \times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$ eosinófilos para peixes parasitados.

3. Conclusão

Este trabalho é o primeiro a registrar o nematoide da família Guyanemidae gen. sp. parasitando *A. albifrons* e seus possíveis impactos no hospedeiro. Apesar do parasitismo, os peixes analisados mantiveram uma boa condição corporal e o cálculo estatístico indicou que não há correlação entre o número de parasitos e os parâmetros biométricos. Entretanto a análise do perfil hematológico sugeriu um quadro de anemia e resposta inata à infecção parasitária mostrando eosinofilia, neutropenia e linfocitose, possivelmente decorrente da enfermidade. Além disso, o parasitismo não afetou a morfologia das células sanguíneas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 303822/2022-8) pelo auxílio e bolsa de Produtividade em Pesquisa a M.L. Martins e PIBIC voluntário a G.B. Anjos (CNPq) e bolsa de Mestrado a G.V.G.M. Silva ((CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado a J.A. Pereira Junior e D.V.V. Batista (CAPES), Doutorado a G.G. Santos e D.S.

Costa, e ao Laboratório Multiusuário de Estudos em Biologia (LAMEB) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Referências bibliográficas

- [1] ARAÚJO, C. S. O.; DIAS, M. T.; GOMES, A. L. S.; ANDRADE, S. M. S. Relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) em cultivo semi-intensivo no estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 12, n. 1, 2010.
- [2] AZEVEDO, C.; CORRAL, L.; MATOS, E. *Myxobolus desaequalis* n. sp. (Myxozoa, Myxosporidia), parasite of the Amazonian freshwater fish, *Apteronotus albifrons* (Teleostei, Apterontidae). **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 49, n. 6, p. 485-488, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2002.tb00233.x>.
- [3] BALLA, K. M. LUGO-VILLARINO, G.; SPITSBERGEN, J. M.; STACHURA, D. L.; HU, Y.; BAÑUELOS, K.; ROMO-FEWELL, O.; AROIAN, F. V.; TRAVER, D. Eosinophils in the zebrafish: prospective isolation, characterization, and eosinophilia induction by helminth determinants. **Blood**, v. 116, n. 19, p. 3944-3954, 2010. DOI: 10.1182/blood-2010-03-267419
- [4] BELO, M. A. A.; SOUZA, D. G. F.; FARIA, V. P.; PRADO, E. J.R.; MORAES, F. R.; ONAKA, E. M. Haematological response of curimbas *Prochilodus lineatus*, naturally infected with *Neoechinorhynchus curemai*. **Journal of Fish Biology**, v. 82, n. 4, p. 1403-1410, 2013. DOI: 10.1111/jfb.12060
- [5] BLAXHALL, P. C.; DAISLEY, K. W. Routine haematological methods for use with fish blood. **Journal of Fish Biology**, v. 5, n. 6, p. 771-781, 1973. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1973.tb04510.x
- [6] BOON, J. H., CANNAERTS, V.M.H.; AUGUSTYN, H.; MACHIELS, M.A.M.; DE CHARLEROY, D.; OLLEVIER F. The effect of different infection levels with infective larvae of *Anguillicola crassus* on haematological parameters of European eel (*Anguilla anguilla*). **Aquaculture**, v. 87, n. 3-4, p. 243-253, 1990. DOI: 10.1016/0044-8486(90)90062-R
- [7] BRAICOVICH, P.; MORAVEC, F.; TIMI, Juan T. New species of *Moravecchia* (Nematoda: Dracunculoidea) from body cavity of marine perciform fish *Percophis brasiliensis* in Argentina. **Journal of Parasitology**, v. 93, n. 2, p. 353-356, 2007. DOI: **10.1645/GE-921R.1**
- [8] BRUGNI, N.; VIOZZI, G. *Pseudodelphis limnicola* sp. n. (Dracunculoidea: Guyanemidae) from the heart of *Percichthys trucha* Perciformes: Percichthyidae) in Patagonian Andean lakes (Argentina). **Folia Parasitologica**, v. 53, n. 2, p. 134, 2006. DOI: 10.14411/fp.2006.017
- [9] BUSH, A.O.; LAFFERTY, K.D.; LOTZ, J.M.; SHOSTAK, A.W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.*, Revisited. **Journal of Parasitology**, v. 83, n. 4, p. 575-583, 1997.
- [10] CLAUSS, T. M.; DOVE, A. D. M.; ARNOLD, J. E. Hematologic disorders of fish. **Veterinary clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 11, n. 3, p. 445-462, 2008. DOI: 10.1016/j.cvex.2008.03.007

- [11] CORRÊA, L. L.; KARLING, L. C.; TAKEMOTO, R. M.; CECCARELLI, P. S.; UETA, M. T. Hematological alterations caused by high intensity of L 3 larvae of *Contracaecum* sp Railliet & Henry, 1912 (Nematoda, Anisakidae) in the stomach of *Hoplias malabaricus* in lakes in Pirassununga, São Paulo. **Parasitology Research**, v. 112, p. 2783-2789, 2013. DOI: 10.1007/s00436-013-3446-8
- [12] DIAS, D. V.; NASCIMENTO, T. S.; SOUZA, B. H.; DONETTI, L. A. R.; ISHIKAWA, M. M. Fator de condição e treinamento alimentar de tuviras mantidas em isqueiro de Jaguariúna-SP, 2017
- [13] DOCAN, A.; GRECU, I.; DEDIU, L. Use of hematological parameters as assessment tools in fish health status. **Journal of Agrolimentary Processes and Technologies**, v. 24, p. 317-324, 2018.
- [14] DUARTE, R.; SANTOS-CLAPP, M. D.; BRASIL-SATO, M. C. Metazoan endoparasites of *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Actinopterygii: Erythrinidae) from upper and middle São Francisco river basin, Minas Gerais State, Brazil. **Parasitology Research**, v. 122, n. 2, p. 645-659, 2023. DOI: 10.1007/s00436-022-07768-1
- [15] EIRAS, J. C., TAKEMOTO, R. M., PAVANELLI, G. C., 2006. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. 2ªed. Maringá, EDUEM.
- [16] FLORINDO, M. C.; JERÔNIMO; G. T; STECKERT. L.; ACCHILE, M.; FIGUEREDO, A.; TAVARES, E. G.; CARDOSO, L.; MARCHIORI, N.; ASSIS, G.; MARTINS, M. L./ Metazoan parasites of freshwater ornamental fishes. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, n. 5, p. 992-998, 2017. DOI: 10.3856/vol45-issue5-fulltext-15.
- [17] FALLAH, F. J.; KHARA, H.; ROOHI, J. D.; SAYADBORANI, M. Hematological parameters associated with parasitism in pike, *Esox lucius* caught from Anzali wetland. **Journal of Parasitic Diseases**, v. 39, p. 245-248, 2015. DOI: 10.1007/s12639-013-0329-y
- [18] FURTADO, W. E.; CARDOSO, L.; FIGUEREDO, A. B.; MARCHIORI, N. C.; MARTINS, M. L. Histological and hematological alterations of silver catfish *Rhamdia quelen* highly parasitized by *Lernaea cyprinacea*. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 135, n. 2, p. 157-168, 2019. DOI: 10.3354/dao03386
- [19] GELLER, I.V. *et al.*, Aquarismo no Brasil: do simples ao complexo e o descarte de espécies não nativas. **Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia.**, v. 131, n. 1, p. 33-52, 2020.
- [20] GOLDENFARB, P. B.; BOWYER, F. P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American journal of clinical pathology**, v. 56, n. 1, p. 35-39, 1971. DOI: 10.1093/ajcp/56.1.35
- [21] HARVIE, E. A.; HUTTENLOCHER, A.; Neutrophils in host defense: new insights from zebrafish. **Journal of Leucocyte Biology**, v. 98, n. 4, p. 523-537, 2015. DOI: 10.1189/jlb.4MR1114-524R
- [22] HÖGLUND, J.; ANDERSSON, J.; HÄRDIG, J. Haematological responses in the European eel, *Anguilla anguilla* L., to sublethal infestation by *Anguillicola crassus* in a thermal effluent of the Swedish Baltic. **Journal of Fish Diseases**, v. 15, n. 6, p. 507-514, 1992. DOI: 10.1111/j.1365-2761.1992.tb00682.x
- [23] HOSHINO, M. D. F. G.; TAVARES-DIAS, M.; Ecology of parasites of *Metynniss lippincottianus* (Characiformes: Serrasalminidae) from the eastern Amazon region, Macapá,

- State of Amapá, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 2, p. 249-255, 2014. DOI: 10.4025/actascibiols.v36i2.19876
- [24] KENT, M. L.; HARPER, C.; WOLF, J. C. Documented and Potential Research impacts of subclinical diseases in zebrafish. **ILAR Journal**, v. 53, n. 2, p. 126–134, 2012. DOI: 10.1093/ilar.53.2.126.
- [25] KNOFF, M.; GOMES, D. C. Metodologia básica para coleta e processamento de helmintos parasitos. MOLINARO, E.M.; CAPUTO, L.F.G.; AMENDOEIRA, MRR. **Conceitos e métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde. Rio de Janeiro: EPSJV**, v. 5, p. 251-281, 2012.
- [26] KUNDU, I. BANDYOPADHYAY, P. K.; MANDAL, D. R.; GÜRELLI, G. Study of pathophysiological effects of the nematode parasite *Eustrongylides* sp. on freshwater fish *Channa punctatus* by hematology, serum biochemical, and histological studies. **Türkiye Parazitolojii Dergisi**, v. 40, n. 1, p. 42, 2016. DOI: 10.5152/tpd.2016.4551
- [27] MARTINS, M. L.; FUJIMOTO, R. Y.; TANCREDO, K. R.; CARDOSO, L.; FURTADO, W. E.; SOUSA, N. C.; SANTOS, M. A.; JERÔNIMO, G. T. **Manual de enfermidades parasitárias de peixes ornamentais de água doce**. UFSC, Florianópolis, 2018, 24 p.
- [28] MARTINS, M. L. TAVARES-DIAS, M.; FUJIMOTO, R. Y.; ONAKA, E. M.; NOMURA, D. T. Haematological alterations of *Leporinus macrocephalus* (Osteichthyes: Anostomidae) naturally infected by *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae) in fish pond. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, p. 640-646, 2004. DOI: 10.1590/S0102-09352004000500011
- [29] MORAES, F.; MARTINS, M. Condições predisponentes e principais enfermidades de teleósteos em piscicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**, Tecart, p. 343–386, 2004.
- [30] MORAVEC, F. Some aspects of the taxonomy and biology of dracunculoid nematodes parasitic in fishes: a review. **Folia Parasitologica**, v. 51, n. 1, p. 1, 2004. DOI: 10.14411/fp.2004.001
- [31] MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region**. 1998.
- [32] MORAVEC, F. Aquatic invertebrates (snails) as new paratenic hosts of *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoidea) and the role of paratenic hosts in the life cycle of this parasite. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 27, n. 3, p. 237-239, 1996. DOI: 10.3354/dao027237
- [33] MORAVEC, F.; NOVACOVSKY, G. N.; HERNÁNDEZ-ORTS, J. S. *Pseudodelphis eleginopsis* n. sp. (Nematoda: Guyanemidae), a new tissue-dwelling parasite of the Patagonian blennie *Eleginops maclovinus* (Cuvier) (Perciformes: Eleginopsidae) in Argentina, with notes on related forms. **Systematic Parasitology**, v. 95, p. 403-414, 2018. DOI: 10.1007/s11230-018-9793-1
- [34] MUÑOZ, G. A new species of *Pseudodelphis* (Dracunculoidea: Guyanemidae) in the intertidal fish *Scartichthys viridis* (Blenniidae) from Central Chile. **Journal of Parasitology**, v. 96, n. 1, p. 152-156, 2010. DOI: 10.1645/GE-2163.1

- [35] MOREY, G. A. M.; MALTA, J. C. O. Metazoan parasites of *Acestrorhynchus falcatus* (Characiformes: Acestrorhynchidae) from floodplain lakes of the Brazilian Amazon. **Neotropical Helminthology**, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2018.
- [36] NASHAAT, M.; MAGHAWRI, A. Hematological, biochemical, and histopathological alterations caused by the nematode parasite *Capillaria* sp. in the red tilapia (*Oreochromis* sp.) in Egypt. **Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries**, v. 26, n. 4, p. 215-227, 2022. DOI: 10.21608/ejabf.2022.249616
- [37] OLIVEIRA, M. S. B. CORRÊA, L. L.; PRESTES, L.; NEVES, L. R.; BRASILIENSE, A. R. P. FERREIRA, D. O.; TAVARES-DIAS, M. Comparison of the endoparasite fauna of *Hoplías malabaricus* and *Hoplerythrinus unitaeniatus* (Erythrinidae), sympatric hosts in the eastern Amazon region (Brazil). **Helminthologia**, v. 55, n. 2, p. 157-165, 2018.
- [38] RANZANI-PAIVA, M. J. T.; PÁDUA, B. S.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. I. **Métodos para análise hematológica em peixes**. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM, 2013. DOI: 10.7476/9788576286530
- [39] RODRIGUES, R. A. *et al.*, Hematological and biometric traits of tuvira *Gymnotus inaequilabiatus* (Valenciennes, 1839) (Gymnotiformes: Gymnotidae) from the Brazilian Pantanal. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 49–57, 2018.
- [40] SANTOS, G. G.; FERREIRA, M. B.; PEREIRA-JUNIOR, J. A.; SILVA, A. V.; SANTOS, P. C.; BRUM, A.; MOURIÑO, J. L. P.; JERÔNIMO, G. T.; MARTINS, M. L. Cap. 31. Avanços das tecnologias aplicadas na sanidade de peixes ornamentais. In: PILARSKI, F.; TAVARES, G.C.; VALLADÃO, G.M.R.; DOTTA, G.; LIZAMA, M.A.P.; TAKEMOTO, R.M. (Org.). **Sanidade de Organismos Aquáticos: avanços no diagnóstico, controle e monitoramento de doenças**. 1º ed. Belo Horizonte/MG: ABRAPOA, 2023, v. 1, p. 583-.
- [41] SANTOS, M. A.; JERÔNIMO, G. T.; CARDOSO, L.; TANCREDO, K. R.; MEDEIROS, P. B.; FERRAREZI, J. V.; GONÇALVES, E. L. T.; ASSIS, G. C.; MARTINS, M. L. Parasitic fauna and histopathology of farmed freshwater ornamental fish in Brazil. **Aquaculture**, v. 470, p. 103–109, 2017. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.12.032
- [42] SILVA-SOUZA, A. T.; SARAIVA, A. Ecological Data of *Travassosnema travassosi* (Dracunculoidea: Guyanemidae) from the humour of the eyes of *Acestrorhynchus lacustris* from Tibagi river, Paraná, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 97, p. 51-52, 2002. DOI: 10.1590/S0074-02762002000100007
- [43] TAVARES-DIAS, M.; LEMOS, J. R. G.; MARTINS, M. L.; JERÔNIMO, G. T. Metazoan and protozoan parasites of freshwater ornamental fish from Brazil, cap 19. In: TAVARES-DIAS, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p. 469-494.
- [44] TAVARES-DIAS, M.; MATAQUEIRO, M. I. Características hematológicas, bioquímicas e biométricas de *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) oriundos de cultivo intensivo. **Acta Scientiarum, Biological Sciences**, v. 26, n. 2, p. 157-62, 2004. DOI: 10.4025/actascibiols.v26i2.1647TAVARES-DIAS, M.; SOUSA, T. J. S. M.; NEVES, L. R. Parasitic infections in two Benthopelagic fish from Amazon: the Arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossidae) and oscar *Astronotus ocellatus* (Cichlidae). **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 546-555, 2014.

- [45] URBINATI, E. C.; ZANUZZO, F. S.; BILLER, J. D. Stress and immune system in fish. In: **Biology and physiology of freshwater Neotropical fish**. Academic Press, 2020. p. 93-114.
- [46] VENTURA, A. S. JERÔNIMO, G. T.; FERRI, G. H.; PÁDUA, S. B.; MARTINS, M. L.; ISHIKAWA, M. M. Erythrocyte parameters and condition factor of *Gymnotus* spp. (Gymnotiformes: Gymnotidae) under culture conditions. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 40, 2018. DOI: 10.29374/2527-2179.bjvm020318.
- [47] WITESKA, M; KONDERA, E.; ŁUGOWSKA, K; BOJARSKI, B. Hematological methods in fish – Not only for beginners. **Aquaculture**, v. 547, p. 737498, 2022. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737498.
- [48] WITESKA, M.; KONDERA, E.; BOJARSKI, B. Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology—a review. **Animals**, v. 13, n. 16, p. 2625, 2023. DOI: 10.3390/ani13162625
- [49] WITESKA, M. Erythrocytes in teleost fishes: a review. **Zoology and Ecology**, v. 23, n. 4, p. 275-281, 2013. DOI: 10.1080/21658005.2013.846963