



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

# IJDR

International Journal of Development Research  
Vol. 12, Issue, 01, pp. 53663-53667, January, 2022

<https://doi.org/10.37118/ijdr.23848.01.2022>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

## HISTOPATOLOGIA HEPÁTICA DE SURUBINS HÍBRIDOS TRICROSS

Lucimar Rodrigues Vieira Curvo<sup>1,2</sup>, Milena Wolff Ferreira<sup>2</sup>, Franciele Itati Kreutz<sup>2</sup>, Ulisses Simon Silveira<sup>3</sup>, Celso Soares Costa<sup>1,2</sup> and Gisele Braziliano de Andrade<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul (Bolsista CAPES/PROSUD)\*, Brasil; <sup>2</sup>Universidade Católica Dom Bosco, Brasil; <sup>3</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 18<sup>th</sup> October, 2021  
Received in revised form  
06<sup>th</sup> November, 2021  
Accepted 04<sup>th</sup> December, 2021  
Published online 30<sup>th</sup> January, 2022

#### Key Words:

Amônia Tóxica,  
Hepatotoxicidade,  
Fibrose hepática,  
Doenças no fígado.

#### \*Corresponding author:

Lucimar Rodrigues Vieira Curvo

### ABSTRACT

**Background:** Este trabalho teve como objetivo descrever as histológicas hepáticas de 100 juvenis de surubim tricross, em condições de altas concentrações de amônia tóxica ou não ionizada (24.09 ± 2.1 g) epH alcalino (8.66 ± 0.53) por 30 dias em sistema de recirculação de água. Como referência, 10 caixas de polietileno de 100 litros de capacidade total foram utilizadas. Seis exemplares foram eutanaziados para a retirada de material, totalizando 12 fragmentos de hepáticos aleatoriamente, que foram fixados em solução de formalina tamponada neutra de 10%. Posteriormente os tecidos hepáticos foram submetidos ao processamento histológico para a confecção de lâminas histológicas, que foram analisadas e fotomicrografadas ao microscópio óptico. As alterações observadas no parênquima hepático constituíram ausência de divisão lobular, com a presença de células de Kupffer hiperpigmentadas, hipertrofia de hepatócitos perisinusoidais, degeneração citoplasmática e nuclear de hepatócitos, estase biliar congestiva fibrótica, áreas focais de necrose, presença de septo fibroso colagênico (ou não-colagênico) parenquimático, espaço venoso portal perifibroso; cirrose avançada e acúmulo de tecido fibroso reticular, início de processo regenerativo tubuloso; fibrose reticular de espaços portais. A histopatologia hepática do surubim tricross demonstrou toxicidade hepática intensa, possivelmente contribuindo para baixa taxa de sobrevivência (T<sub>S</sub>=20%). Assim, entende-se que estudos histopatológicos hepáticos podem ser utilizados como biomarcadores da qualidade da água, os quais possibilitam formas apropriadas de avaliação da sanidade, saúde e manejo alimentar de peixes cultivados, já que as interferências na variação sazonal limnológica neste estudo podem permitir medidas profiláticas para evitar altas taxas de mortalidade dos animais e consequentemente maior viabilidade da produção com maior sustentabilidade.

Copyright © 2022, Lucimar Rodrigues Vieira Curvo et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Lucimar Rodrigues Vieira Curvo, Milena Wolff Ferreira, Franciele Itati Kreutz, Ulisses Simon Silveira, Celso Soares Costa and Gisele Braziliano de Andrade. "Histopatologia hepática de surubins híbridos tricross", *International Journal of Development Research*, 12, (01), 53663-53667.

## INTRODUCTION

A população no planeta terra em 2025 é estimada em 9.7 bilhões de pessoas e este crescimento populacional demanda maior produção anual de alimentos (Rosini *et al.*, 2019). Da mesma forma, o cenário do mercado da pesca e da cadeia produtiva da aquicultura têm demonstrado o significativo e crescente fornecimento de alimentos, nutrição, geração de emprego e renda a níveis internacionais. Em recente relatório da Food and Agriculture Organization of the United Nations "The State of World Fisheries and Aquaculture: Sustainability in Action", (FAO/ONU, 2020), destacam os principais desafios diante das evidências na readequação aos modelos de gestão, da superexploração dos estoques e recursos pesqueiros, e ainda das necessidades de acesso e distribuição de renda, através de políticas públicas mais adequadas e com maior sustentabilidade. Muito relevante se torna esta perspectiva, pois somente em 2018 foi

estimado que mais de 59.51 milhões de pessoas estão envolvidas com o setor primário de pesca e aquicultura (FAO/ONU, 2020). Os desafios e dificuldades enfrentados pelos setores de produção pesqueira e aquícola mundial são justificados pela alta diversificação dos modelos produtivos, dado a heterogeneidade dos sistemas de aquicultura, principalmente em termos de espécies, formas e locais de produção, colheita, processamento e distribuição em toda a cadeia de abastecimento (escalas), requerendo atributos e manejo adequado para prevenir a contaminação, o desperdício e a perda da produção (Naylor *et al.*, 2021). Os enfoques da literatura especializada estão voltados para a segurança alimentar e as cadeias de valores, com generalizações das práticas de produção, esgotamento de recursos naturais e restrições ambientais, as quais são, da mesma forma, limitadas devido à superintensificação produtiva em sistemas naturais, problemas na adaptação alimentar e de poluição ambiental – entrada e saída de nutrientes e o surgimento de doenças emergentes (Araújo *et al.*, 2021).

O manejo aquático dos ambientes de cultivo de peixes, em especial a piscicultura, demonstram grande sensibilidade às variações sazonais físicas e químicas da água, necessitando de monitoramento permanente (Shalaby *et al.*, 2021), os quais requerem cuidados na escolha dos tipos, quantidade e qualidade nutricional, reaproveitamento dos alimentos ofertados e sistemas autodepurativos, tendo em vista que estes materiais podem alerar condições morfológicas dos peixes cultivados, com consequente alta taxa de mortalidade e prejuízos produtivos. Dos principais dejetos liberados ou produzidos nos sistemas aquícolas, muitas substâncias provocam a anorexia e, dependendo da espécie, a disponibilidade e presença em excesso de compostos nitrogenados não ionizado causam toxicidade principalmente no aparelho respiratório (braquial), excretor (pele e rins) e digestório (boca ao reto e órgãos anexos, como fígado por exemplo). As consequências de sistemas produtivos com entrada de vias de infecção (infestação) e contaminação (toxidade) são o fator ambiental mais limitante no desenvolvimento e bem-estar animal (Aráujo *et al.*, 2021). A literatura especializada relata avaliações dos efeitos diversos de poluentes industriais, metais pesados, combustíveis, agrotóxicos e outras substâncias em excesso nos ambientes (ecossistemas) naturais e ou de cultivo, que são capazes de provocar stress nos animais e comprometer o seu desempenho produtivo devido a essas limitações impostas (Islam *et al.*, 2021).

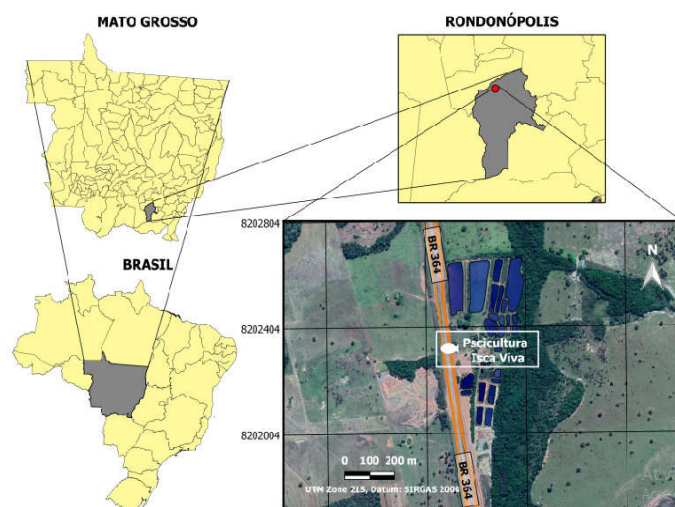
Diversos estudos sugerem relatos da importância das relações da sanidade ambiental do local de cultivo e das condições de saúde dos animais em cativeiro (Shalaby *et al.*, 2021). O stress dos animais expostos aos compostos nitrogenados (Nitrato, Nitrito, Amônia Total e ou não Ionizada), juntamente com outras substâncias químicas, causam eutrofização da água (Mallasen *et al.*, 2012; Rosini *et al.*, 2019) e podem levar a respostas ao equilíbrio dinâmico e fisiológico, sejam eles de origem neuroendócrina, iônica, osmótica, homeostasia (Zhang *et al.*, 2019), anorexia (Islam *et al.*, 2021), imunodepressão, apoptose (Li *et al.*, 2020; Aráujo *et al.*, 2021) e alterações no metabolismo de uréia (Song *et al.*, 2022). Os compostos a base de nitrogênio em altas concentrações na água são capazes de causar alterações patológicas associadas a sistemas orgânicos ou seja, alterações da histofisiologia, principalmente dos sistema digestório, e dos órgãos vitais (brânquias e ao fígado). Os principais efeitos danosos aos peixes expostos a alterações limnológicas são: deslocamento do epitélio, hiperemia, taquicardia, necrose nas brânquias e danos no tecido hepático, como vacuolização e hipertrofia dos hepatócitos (Shahid *et al.*, 2021; Islam *et al.*, 2021). Ainda, substituição da microbiota digestiva (Matinez-Pocha *et al.*, 2021), alterações hematológicas (Shalaby *et al.*, 2021; Islam *et al.*, 2021), causando distúrbios comportamentais, reprodutivos, alimentares e nutricionais (Lall e Kaushik, 2021) e de resistências a doenças infecciosas (MacFadden *et al.*, 2018; Resende *et al.*, 2020; Musoke *et al.*, 2021).

O pH é outro fator limitante nos ecossistemas produtivos pois em sinergia com outros fatores abióticos reduzem ou aceleram a fisiologia dos peixes, a degradação e síntese de substâncias na água, comprometendo respostas efetivas às variações e oscilações ambientais (Zhao *et al.*, 2020). O pH da água em sistemas de cultivo deve ser monitorado pois possuem interações abióticas com outros parâmetros, em especial os compostos nitrogenados, visto que os efluentes provenientes das rações e excrementos dos peixes são compostos por Amônia (Amônia total) e são convertidos em amônia ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) e não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) (Morales e Polez, 2004; Rojas e Sanches, 2006). Acredita-se que através de estudos histopatológicos dos tecidos dos peixes seja possível avaliar as condições e interações entre os fatores ecossistêmicos e os organismos aquáticos (Shahid *et al.*, 2021) e para esses mesmos autores os esforços para detectar alterações no fígado tornam-se relevantes, visto que este é de extrema importância no metabolismo de diversas substâncias. Assim, a histopatologia hepática pode ser utilizada como metodologia adequada para a detecção da exposição de peixes a diversas substâncias e de atividades antrópicas ambientais (Faccioli *et al.*, 2014; Viana *et al.*, 2021). Nesse contexto, objetivou-se neste estudo identificar os efeitos histopatológicos hepáticos em surubins tricross em condições limnológicas espontâneas com altas concentrações de

Amônia não Ionizada e pH alcalino em protocolo experimental em sistema de recirculação de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi aprovada e registrada na Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Católica Dom Bosco sob o protocolo nº 006/2019. Os experimentos foram desenvolvidos nos Laboratórios de Patologia e anatomia Patológica e de Produção e Sanidade de Peixes na Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), em Campo Grande (MS), com duração de 30 dias de experimento. Cem (100) espécimes de surubins híbridos tricross, resultados de dois cruzamentos interespecíficos entre o macho do (*Pseudoplatystoma corruscans*: Pimelodidae) e a fêmea do cachará (*Pseudoplatystoma reticulatum*: Pimelodidae) e o jundiá amazônico (*Leiarius marmoratus*: Pimelodidae), resultando no pintachara que foi cruzado com o Jundiá-da-Amazônia (*Leiarius marmoratus*), provenientes da Estação de Piscicultura Isca Viva, situada nas margens da BR 163, Km 232, no município de Rondonópolis (MT), Brasil (Figura 1).



Fonte: Dados de Pesquisa

**Figura 1. Estação de Piscicultura Isca Viva, Rondonópolis (MT), Brasil**

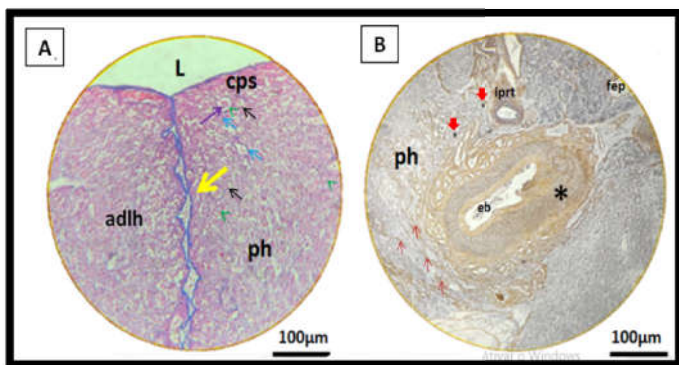
Aferiu-se a qualidade da água diariamente durante 30 dias, (temperatura média, oxigênio dissolvido, pH, amônia total e amônia tóxica), de acordo com os protocolos de Wedemeyer (1997); Lima *et al.* (2013). Ao final do experimento, com 30 dias de exposição espontânea a amônia tóxica e em pH alcalino, seis animais foram selecionados aleatoriamente e anestesiados em solução aquosa de benzocaína (50ppm) de acordo com os pressupostos de Navarro *et al.* (2006). Para coleta dos fragmentos do fígado os seis exemplares foram eutanasiados por resfriamento rápido em solução de benzocaína a 4° C, de acordo com Fujimoto (2015); Honorato *et al.* (2015) e as Diretrizes da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal, do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – CONCEA/MCTI, (Brasil, 2015 p. 34). Realizaram-se incisões ventrais e superficiais na cavidade abdominal para a retirada dos fígados, que foram rapidamente removidos e fixados em solução tampão neutra a 10%. Em fragmentos pequenos e após desidratações em sequência gradativa de álcool foram incorporados em parafina, e por microtomia obtiveram-se cortes de 4µm de espessura. Para a coloração dos tecidos utilizou-se Tricrômico de Mallory e Reticulina com impregnação de Prata. As lâminas histológicas foram avaliadas ao Microscópio Óptico Composto (MOC) de luz, da marca Carl Zeiss Microscopy GmbH, modelo Axio Scope A1, com o auxílio software de imagem ZEN Lite (Blue Edition), em aumentos de 40, 100, 400 e 1000x. As imagens dos tecidos foram fotografadas por uma câmera Axiocam 503 color acoplada ao MOC. Todos os procedimentos para a confecção das lâminas histológicas foram de acordo com os protocolos de Caputo

et al. (2010). A taxa de sobrevivência (S=taxa de sobrevivência) foi calculada pela diferença entre os números de peixes vivos e mortos, em porcentagem (%) ao final do experimento, de acordo com Oliveira et al. (2018).

## RESULTADOS

**Taxa de sobrevivência e Qualidade da Água:** Ao final do experimento registrou-se uma Taxa de Sobrevivência de 20%, sendo que 51.88% foram levados a óbito nas primeiras 24 horas de exposição espontânea. Os animais mantidos no sistema de recirculação de água em condições aquáticas alteradas durante os 30 dias de experimento e de acordo com as aferições registradas abaixo: temperatura de  $25.47 \pm 1.40^\circ\text{C}$ , pH em torno de  $8.66 \pm 0.53$ , com oxigênio dissolvido em  $5.14 \pm 1.40$  mg/L, amônia total  $3.11 \pm 0.6$  mg/L e amônia não ionizada em  $1.28 \pm 0.25$  mg/L. Identificou-se nesta pesquisa que a Amônia Total e não Ionizada, ultrapassaram os limites toleráveis para a criação de peixes, atingindo o patamar médio de  $3.11 \pm 0.6$  mg/L e  $1.28 \pm 0.25$  mg/L. Corrobora-se com a justificativa para esse fato avaliado que os altos limites de compostos nitrogenados que de 100% da alimentação ofertada aos peixes criados em cativeiro, 70% não é consumido e é excretado (Cargine João, 2021). Da mesma forma, aferiu-se conjuntamente pH das caixas e verificou-se que se encontrava alcalino, com média geral em torno de  $8.66 \pm 0.53$ . Observou-se que as concentrações de amônia não ionizada variaram de acordo com o pH, ou seja, quanto mais alcalina a composição da água das caixas, maior o nível de amônia não ionizada, e consequentemente maior a toxicidade e maior o número de mortos.

**Caracterização Histopatológica:** De modo geral, o estudo histopatológico do fígado de surubins híbridos tricross apresentou alterações extensas, causados supostamente pelo alto grau de toxicidade da água, e podem ter influenciado nos aspectos morfofisiológicos dos animais, podendo ser visualizadas nas Figuras 2 (A e B).



Fonte: Dados de Pesquisa

**Figuras 2. (A)** Parênquima hepático (ph); septo fibroso dividindo o parênquima hepático (seta amarela); ausência de divisão lobular hepática (adh); fibrosa (cps); parênquima hepático (ph). **(B)** cirrose avançada com fibrose reticular (asterístico); fibras reticulares (seta fina); células de Kupffer (seta vermelha grossa); início de processo regenerativo tubular (iprt); estagnação biliar (eb); fibrose em espaço portal (fep); espaço venoso portal (seta roxa); luz (L).

Através de cortes histológicos panorâmicos, detectou-se no fígado de jundiarias uma superfície externa se alongando pelo parênquima hepático. Não se constatou divisões lobulares no parênquima hepático (Figuras 2 A). Por meio da coloração por tricrômico de Mallory o parênquima hepático apresentou-se sem septos ou divisões lobulares, com hepatócitos hipertrofiados, geralmente envolvidos por fibras colagênicas e não-colagênicas pouco diferenciadas, mas com diferentes tonalidades de azul (maiores espessadas – a finas) (Figura 2A). Essas proteínas se dispõem difusamente, as vezes de modo aglomerado entre os hepatócitos de diferentes tamanhos e contornos. Dispostos irregularmente, os componentes celulares hepáticos

sinusoidais eram hipertróficos, possuíam aspecto fibrótico, encapsulados, ou reduzidamente atrofiados ou levemente hiperplásicos (Figuras 2 A). Os veios venosos possuem luz aberturas, aparentemente vazios. Neste mesmo método de coloração, os hepatócitos se posicionavam geralmente em número de três, quatro ou mais, circundando o seio venoso porta-hepático e foi possível identificar vários espaços intersinusoidais em tecidos adjacentes aos hepatócitos (Figuras 2 A). Através do método de impregnação pela Reticulina (Figura 2 B), notou-se a presença de células com aparência de “células de Kupffer” fortemente coradas, com citoplasma granuloso enegrecido, supostamente pela impregnação pela prata. Visualizou-se numerosas “bolsas reticulares amorfas”, aparentemente envolvidas por densas camadas de fibras reticulares, encapsulares, contendo líquidos retidos, com provável estagnação de líquidos biliares. Evidenciou-se a presença de processos regenerativos tubulares, agrupados e dispersos ao longo do parênquima hepático, fortemente impregnado por prata, e de tonalidade marrom escuro (Figura 2 B).

## DISCUSSÃO

Atualmente a toxicologia aplicada aos estudos de animais de cultivo vem sendo utilizada como valiosa metodologia de avaliar as condições de vida e para manejo (Righi et al., 2003). Toda substância química possui propriedades que podem produzir efeitos danosos aos sistemas biológicos (substância tóxica), sendo determinada pelas condições de exposição: vias, tempo, concentrações, espécies, idade, sexo e etc. Neste estudo aferiu-se a os níveis de Amônia Total, que possibilitou os cálculos para os níveis de Amônia Tóxica ou não ionizada, como demonstrado por Francis-Floyd et al. (2009), em águas superficiais naturais, a amônia ocorre em duas formas: amônia ionizada,  $\text{NH}_4^+$ , e não ionizada amônia,  $\text{NH}_3$ . Nesta pesquisa destacam-se dois parâmetros limnológicos alterados: o pH (alcalinidade) e os níveis de amônia tóxica (não ionizada). Entende-se que os surubins tricross foram expostos a pH alcalino, alterando sua homeostasia, conforme relatado por Miron et al. (2008) para jundiás (*Rhamdia quelen*: Heptapteridae). As evidências histopatológicas constatadas no fígado dos surubins tricross podem ser devido à alcalinidade da água e podem causar desequilíbrio ácido-básico e promovem a deficiência na regulação iônica e excreção de amônia (Wood, 2001). Já houve relatos na literatura especializada de que peixes expostos a águas alcalinas aumentam a concentração de amônia plasmática e tecidos, por serem responsáveis pela deposição de  $\text{NH}_3$  na água como demonstrado por Moraes e Polez (2004) em traíras (*Hoplias malabaricus*: Erythrinidae). De forma semelhante Gomez et al. (2020) identificaram a influência do pH e toxicidade de poleiros de espinhos (*Leiopotherapon unicolor*: Teraponidae), demonstrando a sinergia existente entre o pH e os compostos nitrogenados.

Lease et al. (2003) já havia afirmado anteriormente que agentes estressores isolados, são menos tóxicos (prejudiciais) aos peixes em ambientes de cultivo, do que quando combinados (sinérgicos). Esses mesmos autores afirmam que o pH elevado (alcalino) e altas concentrações de amônia, as tornam a amônia não ionizada mais danosa aos órgãos dos peixes, como constatado no fígado de surubins tricross e em outros estudos realizados por Benli et al. (2008), para tilápias (*Oreochromis niloticus* L.), onde evidenciaram alterações nos tecidos hepáticos, com necroses focais e vacuolização glicogênica. Através das aferições dos parâmetros químicos da água neste estudo, os surubins tricross estavam sujeitos a condições aquáticas impróprias para a espécie, pois os níveis de Amônia tóxica detectados causam toxicidades hepáticas. Para Turcios e Papenbrock (2014) e Cargine e João (2021), os nutrientes, em especial os compostos nitrogenados como descritos neste estudo, provêm dos teores de proteínas encontrados nas rações ofertadas e ou produtos de excreção, que após sua deposição, passam por diversas transformações químicas com níveis diferentes de toxicidade em alta concentração na água de cultivo. Em relação às condições abióticas que os surubins tricross foram espontaneamente expostos nesta avaliação histopatológica, Michael et al. (1996) já



haviam explicado que tanto o pH como os níveis de Amônia são fatores abióticos importantes para a criação de peixes, pois interferem na excreção de  $\text{NH}_3$  pelos peixes e, conseqüentemente, no acúmulo deste composto no plasma e nos tecidos. Genericamente corrobora-se com Coldebella *et al.* (2020) que relatam que a qualidade da água dos locais onde foram condicionados os surubins tricross se assemelha às abióticas e bióticas de um sistema, sendo estes interdependentes, já que são reguladores do fluxo e disponibilidade no ecossistema. Segundo esses mesmos autores, os compostos à base de nitrogênio devem ser monitorados constantemente, tendo em vista que são fatores determinantes e responsáveis pela reprodução de organismos aquáticos, produção primária e eutrofização do ambiente de cultivo. É evidente que as interações estressantes são frequentemente não linear, justificando os estudos (avaliações) simultâneos, porque um agente estressor único pode ser previsível, e não ser robusto para explicar mudanças morfofisiológicas como respostas para o melhor desempenho e sobrevivência (Mckenzie *et al.*, 2016; Gomez *et al.*, 2020).

Os estudos da influência da qualidade da água, do pH e concentrações de amônia tóxica em ambientes de cultivo, podem ser avaliados pela sua capacidade de alterar morfofisiologicamente os peixes, ou seja, as mudanças estruturais ocasionadas (como e qual foi a resposta ao estresse hídrico?) (Gomez *et al.*, 2020). Este foco de pesquisa vem recebendo maiores atenções na atualidade e como relatado por Ribeiro *et al.* (2017), a amônia não ionizada é o fator ambiental mais limitante que afeta a qualidade da água, influenciando no crescimento e sobrevivência dos organismos aquáticos, promovendo alterações nos órgãos vitais, como o fígado. Em altas concentrações de amônia há redução do pH sanguíneo, o que interfere na osmorregulação, acarretando na perda de água e diminui volume anatomo-hepático (Ribeiro *et al.*, 2017), como relatando em lambaris (*Bryconops caudomaculatus*: Characidae) resultados semelhantes desta pesquisa com surubins tricross. Sob efeito de altas concentrações de amônia e pH alcalino, esses autores constataram alterações morfológicas no fígado como a congestão, necrose de hepatócitos, dilatação sinusal, hipertrofia de células de Kupffer e desordem celular hepática. Os surubins tricross analisados neste estudo apresentaram o parênquima histologicamente contínuo (sem septos lobulares), como comum em mamíferos, e da mesma forma descrita genericamente para peixes por Fath El-Bab (2004). Outra evidência constatada e avaliada nesta pesquisa foi semelhante em um estudo comparativo realizado por Sales *et al.* (2017) com três diferentes espécies de Teleosteos de água doce, onde constataram em traíras (*Hoplias aff. Malabaricus*: Characiformes) tubos sinusóides hepáticos circundados por três a quatro hepatócitos, aparentemente circundados com pequena veia lobular central, muito semelhante nos surubins tricross aqui estudados.

## CONCLUSIONS

A toxicidade causada pela exposição espontânea dos surubins tricross à amônia tóxica (não ionizada) é dependente do pH, confirmando a ocorrência de alterações no parênquima hepático, principalmente necroses focais e origem do surgimento de tecido fibrótico generalizado.

## ACKNOWLEDGMENTS

To the Catholic University Dom Bosco (UCDB), to the Coordination of Improvement of Personnel of Higher Education (CAPES) for scholarship, Federal Institute of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul and State University of Mato Grosso do Sul.

## REFERÊNCIAS

Araújo, T. P. de., Brighenti, L. S., Santos, H. B. dos, Castro, A. H. F. & Thomé, R. G. 2021. Toxicity of nitrogen compounds in fish influenced by physico-chemical water parameters: a review. *Research, Society and Development*, [S. l.], 10(11), 1-9.

- Benli, A. Ç. K., Köksal, G. & Özkul, A. 2008. Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): Effects on gill, liver and kidney histology. *Chemosphere*, 72(9), 1355-1358.
- Brasil 2015. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA. Diretriz da Prática de Eutanásia. Anexo I. Brasília/DF – 2015.
- Caputo, L. F. G., Gitirana, L. B., Manso, P. P. A., Real, S. C. 2010. Técnicas histológicas. 2. cap 3 Rio de Janeiro: Fiocruz, 2010. In: Guimarães, A. C. R., Souza, D. S., Alvez, E. A., Mota, E. M., Barbosa, H. S., Medrado, L. 2010. *Conceitos e Métodos para a Formação de Profissionais em Laboratórios de Saúde*. Técnicas histológicas. Rio de Janeiro: Fiocruz.
- Cargnin, J. M. R., João, Jair Juárez. 2021. Removal of nutrients from aquaculture residual water: A review. *Rev. Ambient. Água*, 16 (6), 1-20.
- Coldebella, A., Godoy, A. C., Gentelini, A. L., Piana, P. A., Coldebella, P. F., Boscolo, W. R., Feiden, A. 2020. Nitrogen and phosphorus dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. *Research, Society and Development*, 9(11), 1-29.
- Faccioli, C. K., Chedid, R. A., Bombonato, M. T. S., Vicentini, C. A. & Vicentini, I. B. F. 2014. Morphology and Histochemistry of the Liver of Carnivorous Fish *Hemisorubim platyrhynchos*. *Int. J. Morphol.*, v.32, p.715-720.
- FAO (Sofia 2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action*.
- Fath El-Bab, M. R. *Fundamentals of the Histology of Fish*. 2ª. edition. 2004. Disponível em: <https://bit.ly/3dSGwex>. Acesso em 15 de dezembro de 2021.
- Francis-Floyd, R., Watson, C., Petty, D. & Poudel, D. B. *Ammonia in Aquatic Systems*. Universidad of Florida. U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service.
- Froehlich, H. E., Runge, C. A., Gentry, R. R., Gaines, S. D. & Halpern, B. S. 2018. Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world. *Proc. Natl Acad. Sci., USA* 115, 5295–5300
- Gomez Isaza, D. F., Cramp, R. L., & Franklin, C. E. 2020. Simultaneous exposure to nitrate and low pH reduces the blood oxygen-carrying capacity and functional performance of a freshwater fish. *Conservation Physiology*, 8(1).
- Honorato, C. A., Ushizima, T. T., Santamaria, F. M., Flores-Quintana, C. I., Marcondes, V. M., Nascimento, C. A. 2015. Desempenho produtivo e econômica de surubins (*Pseudoplatystoma* sp) alimentados com níveis de proteína e estocados em tanque-rede. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 67(5): 1408-1414.
- Islam, Md J. Andreas, K. & Slater, M. J. (2021). Responses of aquaculture fish to climate change-induced extreme temperatures: A review. *J World Aquac Soc.* 1-53.
- Lall, S.P. & Kaushik, S.J. 2021. Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish. *Animals*, 11, 2711.
- Lease, H. M., Hansen, J. A., Bergman, H. L. & Meyer, J. S. 2003. Structural changes in gills of Lost River suckers exposed to elevated pH and ammonia concentrations. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 134(4), 491-500.
- Lease, H. M., Hansen, J. A., Bergman, H.L. & Meyer, J.S. (2003). Structural changes in gills of Lost River suckers exposed to elevated pH and ammonia concentrations. *Comp. Biochem. Physiol. Toxicol Pharmacol.*, 134(4), 491-500.
- Li, M., Zhang, M., Qian, Y., Shi, G. & Wang, R. 2020. Ammonia toxicity in the yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*): The mechanistic insight from physiological detoxification to poisoning. *Fish and Shellfish Immunology*, 102, 195-202.
- Lima, A. F., Silva, A. P. da, Rodrigues, A. P. O., Bergamin, G. T., Torati, L. S., Pedroza Filho, M. X. & Maciel, P. O. 2013. *Qualidade da água: piscicultura familiar*. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Agricultura e Pesa), 1-8.
- MacFadden, D. R., McGough, S. F., Fisman, D., Santillana, M. & Brownstein, J. S. 2018. Antibiotic resistance increases with local temperature. *Nat. Clim. Change* 8, 510–514

- Mallasen, M., Carmo, C. F., Tucci, A., Barros, H. P., Rojas, N. E. T., Fonseca, F. S. & Yamashita, E. Y. 2012. Water quality in Cage system fish farm in Ilha Solteira reservoir, SP. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38(1), 15-30.
- Martinez-Porchas, M., Vargas-Albores, F. R., Casillas-Hernández, L., Rodriguez-Anaya, Z., Lares-Villa, F., Magdaleno-Moncayo, D., Gonzalez-Galaviz, J. R. 2021. Effect of dietary protein and genetic line of *Litopenaeus vannamei* on its hepatopancreatic microbiota. *Animal Science and Pastures.Sci. agric. Piracicaba, Braz.*, 78 (6), 1-8.
- McKenzie, D. J., Axelsson, M., Chabot, D., Claireaux, G., Cooke, S. J., Corner, R. A., De Boeck, G., Domenici, P., Guerreiro, P. M. & Hamer, B. 2016. Conservation physiology of marine fishes: state of the art and prospects for policy. *Conserv Physiol*, 4(1), 1-20.
- Michael, P. W., Simmons, H. E., Wood, C. M. 1996. Physiological Adaptations of Rainbow Trout to Chronically Elevated Water pH (pH = 9.5). *The Journal of Experimental Zoology*, 274, 1-14.
- Miron, D. dos S., Moraes, B., Becker, A. G., Crestani, M., Spanevello, R., Loro, V. L. & Baldissotto, B. (2008). Ammonia and pH effects on some metabolic parameters and gill histology of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae). *Aquaculture*, 277(2008), 192–196
- Moraes, G. & Polez, V. L. 2004. Ureotelism is inducible in the neotropical freshwater *Hoplias malabaricus* (TELEOSTEI, ERYTHRINIDAE). *Braz. J. Biol.*, 64(2): 265-271.
- Musoke, D., Namata, C., Lubega, G. B., Niyongabo, F., Gonza, J., Chidziwisano, K., Nalinya, S. Nuwematsiko, R. & Tracy Morse. 2021. The role of Environmental Health in preventing antimicrobial resistance in low- and middle-income countries. *Environ Health Prev Med* 26, 100.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D. C., Lubchenco, J., Shumway S., E. & Max Troell. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591, 551–563.
- Oliveira, C. M., Piñey, J. I. G. & Sousa, R. G. C. 2018. Análise zootécnica do *Pseudoplatystoma* spp. (Pintachara) submetido a testes de proteínas distintos. *Biota Amazônia*, Macapá, 8(4), 17-20.
- Resende, J. A. V., Silva, L. da & Diniz, C. G. (2020). Thematic Section: Opinions about Aquatic Ecology in a Changing World. *Acta Limnol. Bras.*, 32.
- Ribeiro, M. da C., Moron, S. E. & Lopes, J. 2017. Histological analysis of *Bryconops caudomaculatus*, gills and liver under different concentrations of ammonia. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 43(1): 35- 43
- Rojas, N. E. T. & Sanches, E. G. 2006. Considerações sobre a implantação e o manejo de sistemas aquaculturais esportivos. In: Esteves, K.E.; Sant'anna, C.L. *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente saúde pública e manejo*. São Paulo: Rima, 177-200.
- Rosini, E. F., Tucci A., Carmo, C. F. do; Barros, H. P. de. 2019. Water quality in Ponte Pensa Aquaculture Park, Solteira Island Reservoir, SP, Brazil, where fish are cultivated under great-volume cage system. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, (14)4, 1-14.
- Sales, C. F., Silva, R. F., Amaral, M. G. C., Fabricio, F. T. D., Ribeiro, R. I. M. A., Thomé, R. G., Santos, H. B. 2017. Comparative histology in the liver and spleen of three species of freshwater teleost. *Neotropical Ichthyology*, 15(1).
- Shahid, S., Sultana, T., Sultana, S., Hussaina, B. & Irfana, M. (2021). Histopathological alterations in gills, liver, kidney and muscles of *Ictalurus punctatus* collected from polluted areas of River. *Braz. J. Biol.*, (81)3, 814-821,
- Shalaby, A. M., Khames, M. K., Fathy, A., Ghariieb, A. A. & Abdel-Hamid, E. A. 2021. *The Impact of Zeolite on Ammonia Toxicity, Growth Performance and Physiological Status of the Nile Tilapia (Oreochromis niloticus)*. Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries Zoology Department, Faculty of Science, Ain Shams University, Cairo, Egypt. ISSN 1110 – 6131 Vol. 25(1): 643– 663.
- Songa, P., Ming, L., Zhang, M., Jiang, H., Jian Shao, Wanga, R., Yunxi, Q. & Feng, D. (2022). Inhibition of argininosuccinate synthase (ASS) affected ammonia excretion in yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* during acute ammonia poisoning. *Aquaculture Reports*, 22(Feb2022), 1-7.
- Viana, H.C., Jesus, W.B., Silva, S. K. L., Jorge, M. B., Santos, D. M. S., Carvalho Neta, R. N. F. 2021. Aggregation of hepatic melanomacrophage centers in *S. herzbergii* (Pisces, Ariidae) as indicators of environmental change and well-being. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 73 (04).
- Wedemeyer G. A. 1997. Effects of rearing conditions on the health and physiological quality of fish in intensive culture. p.35-71. In: Iwama GK, Pickering AD, Sumpter JP, Schreck CB. (Eds.). *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge: University Press.
- Wood, C.M. 2001. Toxic responses of the gill. In: Schlenk, D. & Benson, W.H. (Eds.), *Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts:Organs*. Taylor & Francis, London, 1–89.
- Zhang, W., Xia, S., Zhu, J., Miao, L., Ren, M., Lin, Y., Ge, X. & Sun, S. (2019). Growth performance, physiological response and histology changes of juvenile blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala* exposed to chronic ammonia. *Aquaculture*, 506, 424–436.
- Zhao, L., Cui, C., Liu, Q., Sun, J., He, K., Adam, A. A., Luo, J., Li, Z., Wang, Y., & Yang, S. 2020. Combined exposure to hypoxia and ammonia aggravated biological effects on glucose metabolism, oxidative stress, inflammation and apoptosis in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquatic Toxicology*, 224, Published by Elsevier.

\*\*\*\*\*