

ALTERAÇÕES HISTOPATOLÓGICAS OBSERVADAS NO FÍGADO DO LAMBARÍ *Astyanax jacuhiensis* (COPE, 1894) (TELEOSTEI, CHARACIDAE) SOB INFLUÊNCIA DE EFLUENTES PETROQUÍMICOS

Fábio Flores-Lopes^{1,2,3}

Luiz Roberto Malabarba^{1,2,4}

fabiologo5@hotmail.com, malabarba@ufrgs.br

RESUMO

O Sistema Integrado de Tratamento dos Efluentes Líquidos (SITEL) é o responsável pelo tratamento e disposição final dos efluentes gerados pelo Pólo Petroquímico do Sul e possui oito lagoas de estabilização terciárias (LEs) que estão conectadas em série. Para estudo foram coletados quarenta e cinco exemplares da espécie *Astyanax jacuhiensis* das Lagoas de Estabilização 1 e 8 e trinta e cinco exemplares no arroio Bom Jardim em três períodos de amostragem (Janeiro e Abril de 1999 e Outubro de 2002). Na preparação do material foi utilizada a técnica histológica de rotina para inclusão em parafina. Para observação, as lâminas foram coradas com Hematoxilina e Eosina (H&E) e PAS (Ácido Periódico de Schiff). A análise histológica mostrou que o fígado apresentou poucas alterações histopatológicas nos exemplares da lagoa 1, sendo as anomalias consideradas de leve e moderada intensidade. A análise histológica também mostrou que as alterações histopatológicas no fígado dos indivíduos da lagoa 1 eram mais intensas do que as observadas nos exemplares da lagoa 8 e do arroio Bom Jardim, evidenciando neste estudo uma certa eficácia do sistema de tratamento de efluentes líquidos.

Palavras chave: *Astyanax jacuhiensis*, Histologia, Fígado

ABSTRACT

The Integrated System of Treatment of Liquid Waste (SITEL) is responsible for the treatment and final disposition of the waste generated by the Pólo Petroquímico do Sul and it consists of eight lagoons of stabilization that are connected in series. Forty five specimens of *Astyanax jacuihensis* were collected at the Stabilization Tertiary lagoons 1 and 8 and thirty five in the arroio Bom Jardim in three period of samples (January and april of 1999 and October 2002). The material were embedded in paraffin and stained with Hematoxilin and Eosin (H&E) and PAS (Periodic Acid of Schiff reaction). The liver present histopatologic alterations in the specimens of the lagoon 1, being the anomalies considered of light and moderate intensity. The histological analysis also showed that the hystopatologic alterations in the individuals of the lagoon 1 liver were more intense than observed in the specimens of the lagoon 8 and of the arroio Bom Jardim, evidencing in this study a certain effectiveness of the system treatment of effluent.

Key Words: *Astyanax jacuhiensis*, Histology, Liver

1 - Projeto ECORISCO, coordenação FEPAM, financiamento FINEP/PADCT (FEPAM/ PADCT/ FINEP n° 7797116100), Convênio FEPAM – PUCRS; 2 - Pós-Graduação em Biologia Animal (UFRGS). Av. Bento Gonçalves, 9500, bloco IV, prédio 43435, 90540-000, Porto Alegre, RS; 3 - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, CEP 45662-000, Ilhéus, BA; email: *fabiologo5@hotmail.com*; 4 - Lab. de Ictiologia, Museu de Ciências e Tecnologia (PUCRS), Av. Ipiranga, 6681, Caixa Postal 1429; 90619-900, Porto Alegre – RS.

INTRODUÇÃO

O Pólo Petroquímico do Sul, situado no Município de Triunfo, Estado do Rio Grande do Sul, consiste em um complexo industrial de beneficiamento de derivados de petróleo, tendo como produtos finais principalmente plásticos, fibras sintéticas, borrachas sintéticas e fertilizantes nitrogenados. O Sistema Integrado de Tratamento dos Efluentes Líquidos (SITEL) é o responsável pelo tratamento e disposição final dos efluentes gerados pelo Pólo Petroquímico do Sul (Ferreira, 1992). Malabarba e Goettems (1987) e Ferreira (1992) relataram que o sistema terciário de tratamento consiste de oito Lagoas de Estabilização (LEs) que estão conectadas em série e ocupam uma área de 55.800 m², com uma profundidade média de 1,5 metros e que foram projetadas para oxidar e estabilizar constituintes refratários do efluente através de processos físicos, químicos e microbiológicos. Estes autores salientaram ainda que, com a criação das lagoas de estabilização ocorreu um povoamento piscícola natural, representado por várias espécies da região, embora as lagoas de tratamento de efluentes industriais não sejam habitats apropriados para peixes. Segundo Mossé et al. (1980), o uso de lagoas de estabilização tem sido cada vez mais utilizado no tratamento de esgotos domésticos e industriais.

O fígado dos teleósteos é um órgão multifuncional responsável pela conversão do alimento, produção da vitelogenina durante o crescimento gonadal e desintoxicação de compostos estranhos (Stegeman; Lech, 1991). Alterações como vacuolização dos hepatócitos, depleção de glicogênio, inflamação, alteração no formato dos vasos sinusóides e neoplasmas podem ser interpretados como respostas ao estresse ambiental, sendo, desta forma, considerados como indicadores histopatológicos da qualidade do ambiente (Thomas, 1990; Köhler, et al., 1992; Teh et al., 1997). Estudando indicadores histopatológicos em peixes, Schwaiger et al. (1997) salientaram que as alterações histopatológicas mais severas observadas no fígado são mais frequentes nos indivíduos de áreas contaminadas, mas que também ocorrem em indivíduos de áreas menos degradadas, só que em menor frequência.

O objetivo deste estudo foi descrever, através de análise histológica, algumas das alterações que ocorrem no fígado de exemplares da espécie *Astyanax jacuhiensis* Cope, 1894 nas lagoas de estabilização do Pólo Petroquímico do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Para estudo foram coletados quarenta e cinco exemplares da espécie *A. jacuhiensis* das Lagoas de Estabilização 1 e 8 do Polo Petroquímico do Sul e trinta e cinco exemplares no arroio Bom Jardim em

três períodos de amostragem (Janeiro e Abril de 1999 e Outubro de 2002). Os exemplares capturados no arroio Bom Jardim foram utilizados como material comparativo. Os exemplares das lagoas foram coletados com redes de espera e tarrafa. Os exemplares do arroio Bom Jardim foram coletados com redes de espera, redes de arrasto do tipo picaré e tarrafa (Malabarba; Reis, 1987). Os indivíduos foram fixados em formol a 10% ainda em campo.

No laboratório, foram tomadas as medidas de comprimento padrão (mm) e peso (g) e os exemplares foram dissecados para retirada do fígado. Para análise histológica do material foi utilizada a técnica de rotina de desidratação em álcool etílico para impregnação e inclusão em parafina. Os cortes foram realizados em um micrótomo com espessura de seis ou sete micrômetros. De acordo com Behmer et al. (1976), foi adotado o método de Hematoxilina e Eosina (HE) para visualização geral dos tecidos e órgãos afetados. Para verificação da presença de glicogênio, lâminas basais, mucoproteínas ou glicoproteínas foi utilizado o método de PAS (Ácido Periódico de Schiff) (Michalany, 1980). Para melhor compreensão dos resultados, as anomalias histopatológicas foram classificadas em escores que vão de 0 a 3, onde 0= nenhuma anomalia, 1= leve anomalia, 2= moderada anomalia e 3= severa anomalia (Hose et al., 1996). Alguns casos foram selecionados e fotografados com um fotomicroscópio Zeiss MC 80DX.

RESULTADOS

Para estudo foram utilizados 45 indivíduos de *A. jacuhiensis*, cujo comprimento padrão variou de 45,75 a 83,54 mm e o peso variou de 1,227 a 6,753 g. O fígado desta espécie encontra-se, macroscopicamente, dividido irregularmente em lóbulos. A análise histológica revelou que ele apresenta o padrão geral dos teleósteos, onde o parênquima hepático apresenta células com núcleos grandes, arredondados, localizados predominantemente na região central e com um nucléolo proeminente (Figura 1A). O citoplasma, na maioria das células perdeu um pouco do padrão normal de coloração (Figuras 1A e 1B). Pequenos vasos sanguíneos, chamados de vasos sinusóides, são observados por entre os hepatócitos (Figuras 1A e 1D). Tecido pancreático exócrino foi observado no parênquima hepático junto a vasos sanguíneos. O pâncreas exócrino é formado por células ácino serosas que são ricas em grânulos de zimogênio no citoplasma. Estas células apresentam uma coloração caracteristicamente basófila próxima à base e mais eosinófila no citoplasma (Figuras 1B, 1C e 1D).

Ductos biliares foram observados próximos ao tecido pancreático exócrino ou isolados no parênquima hepático. Foi possível observar, em alguns casos, uma camada de melanina envolvendo externamente os ductos biliares (Figuras 1C e D). Centros Melano Macrofágicos (CMM) foram observados no parênquima hepático em exemplares do arroio bom jardim. Estes centros ocorrem em número e tamanhos variados, geralmente grandes, e aparecem revestidos externamente por uma delgada camada de tecido conjuntivo e pigmentos de melanina. Pôde-se notar que eles ocorriam somente em um dos lóbulos do fígado, o da artéria hepática. Na lagoa 1, dos 45 exemplares de *A. jacuhiensis* analisados, 19 apresentavam alterações histopatológicas no fígado (Fr= 42,22%), sendo que 11 indivíduos apresentavam anomalias de leve intensidade (1) e oito indivíduos apresentavam anomalias de moderada intensidade (2) (Tabela 1). Na lagoa 8, dos 45 exemplares analisados, 11 apresentavam alterações histopatológicas no fígado (Fr= 24,44%), sendo que em sete indivíduos as anomalias foram consideradas de leve intensidade (1) e em quatro indivíduos as anomalias foram consideradas de moderada intensidade (2) (Tabela 1).

Nos exemplares da lagoa 1 não foram observados Centros Melano Macrofágicos, e na maioria dos exemplares desta lagoa foi possível verificar alguns focos com excesso de linfócitos e eosinófilos. Foi observado que, em 30 indivíduos, os hepatócitos, assim como as células exócrinas do pâncreas apresentavam uma alteração na sua estrutura normal, ou seja, elas encontravam-se com formato reduzido e modificação na forma da célula (Figuras 2A e D). Em alguns casos, foi possível observar que os hepatócitos apresentavam-se vacuolados (Figuras 2B e C).

Foram observados Centros Melano Macrofágicos em apenas dois indivíduos, sendo que estes apresentavam um tamanho pequeno e localização próxima as células exócrinas do pâncreas. Quatro exemplares apresentavam os hepatócitos com uma configuração alinhada e uma modificação na estrutura das células exócrinas do pâncreas, como descrito acima (Figura 2D). Poucas células sanguíneas foram observadas nos vasos sinusóides. Quando corados pela técnica do PAS, os fígados apresentaram uma fraca reação positiva a presença de glicogênio.

DISCUSSÃO

Em um ambiente aquático degradado, particularmente onde poluentes ocorrem em concentrações subletais e crônicas, mudanças na estrutura e função dos organismos aquáticos ocorrem mais frequentemente do que mortalidade

em massa. Sendo assim, um dos possíveis métodos para se avaliar os efeitos de poluentes em peixes de água doce é o exame dos órgãos para verificação de mudanças morfológicas (Poleksic; Mitrovic-Tutundzic, 1994).

O fígado, como o maior órgão do metabolismo, entra em contato direto com poluentes absorvidos do ambiente (Saleh, 1982; Braunbeck et al., 1990 e Gonzalez et al., 1993), e lesões no fígado, incluindo neoplasmas, são freqüentemente associadas com poluição do ambiente aquático. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a ocorrência de lesões no fígado parece estar relacionada à presença de poluentes nas lagoas de estabilização terciárias. Resultados semelhantes foram obtidos por Collier et al. (1998), que observaram uma forte relação entre os contaminantes químicos encontrados nos sedimentos com um aumento na prevalência de doenças de fígado. A quantidade de poluentes no fígado de peixes é diretamente proporcional ao grau de poluição do ambiente por metais pesados e pesticidas, o que provoca um aumento no índice hepatossomático.

Uma das mais importantes funções do fígado é limpar o sangue que vem do intestino, de qualquer substância estranha ou poluente (Saleh, 1982). A descoberta de lesões no fígado entre populações de teleósteos marinhos indica a necessidade de utilização destes peixes como modelos para o desenvolvimento de estudos toxicológicos (Kranz; Peters, 1985), desde que essas alterações estejam relacionadas com a degradação dos ambientes aquáticos. Autores como Andersson et al. (1988), estudando percas (*Perca fluviatilis*), observaram uma redução no crescimento da gônada e aumento no tamanho do fígado como sintomas de peixes expostos a águas poluídas. Ao trabalhar com avaliação de toxicidade de efluentes sobre a morfogênese de larvas de *Pimephales promelas*, Ferreira (1992) verificou como principais alterações ocorridas no fígado a vacuolização dos hepatócitos e um aumento do volume do órgão, o que concorda em parte com os resultados obtidos neste estudo, já que na análise dos fígados de *A. jacuhiensis* foi observada uma vacuolização de alguns dos hepatócitos, não sendo observado um aumento no tamanho do fígado nos exemplares desta espécie coletados nas lagoas de estabilização e no arroio Bom Jardim.

O fígado é a maior glândula exo-endócrina dos vertebrados e apresenta uma série de funções, dentre as quais se destaca o acúmulo de substâncias de reserva, em especial sob a forma de glicogênio e de lipídios (Bucke et al., 1984). Dados experimentais demonstraram que o cobre acumulado no fígado leva a desarranjos no

parênquima deste órgão. Estes autores ressaltaram ainda que as colorações histoquímicas demonstraram que os espécimes tratados com cobre apresentavam uma menor quantidade de glicogênio dentro dos hepatócitos do que os organismos controle. Resultados semelhantes foram observados por Schwaiger et al. (1997), que observaram uma acentuada redução de glicogênio nos hepatócitos e múltiplos focos de inflamação no parênquima do fígado de indivíduos expostos a águas contaminadas do que nos organismos controles. O resultado da análise histoquímica realizada em *A. jacuhiensis* demonstrou a ocorrência de uma pequena quantidade de glicogênio no fígado, o que pode ser um indicativo de exposição da espécie a agentes estressores.

Deve ser levado em consideração que as variações no armazenamento de substâncias pode estar relacionadas com a idade, sexo, condições nutricionais, maturação gonadal ou aclimatação térmica (Ferguson, 1989; Biagiante-Risbourg, 1991). Alguns dos relatos citados acima concordam com o que foi observado neste estudo, como a ausência de uma maior lobulação, presença de tecido pancreático intra-hepático e presença de Centros Melano Macrofágicos (CMM).

Autores como Wester e Canton (1991), Schwaiger et al. (1992), Hinton et al. (1992), Köhler et al. (1992) e Teh et al. (1997) salientaram que análises histopatológicas tem provado ser uma ferramenta sensível para detectar os efeitos tóxicos diretos de compostos químicos dentro de órgãos alvo do peixe em experimentos de laboratório e em investigações de campo. Este tipo de análise tem a capacidade de diferenciar entre lesões em órgãos induzidas por doença e outros fatores ambientais de lesões provocadas devido à exposição a poluentes (Schwaiger et al., 1997).

Embora a histologia e a fisiologia do fígado sejam similares nos vertebrados, Ferguson (1989) relata que existem algumas diferenças estruturais marcadas no parênquima hepático de peixes, em especial pela ausência de lobulação e de espaços porta clássicos; presença de tecido pancreático intra-hepático ao redor dos vasos de algumas espécies; ausência de um sistema de células de Kupfer; presença de Centros Melano Macrofágicos e de tecido hemocitopoiético. Investigações anteriores no fígado de peixes tem estabelecido que há uma grande variedade na estrutura do órgão em várias espécies (Schär et al., 1985). Há também óbvias diferenças mesmo na mesma família, sendo que não é possível descrever a arquitetura do fígado de teleostes de uma maneira generalizada.

Através da análise histológica realizada, foi possível verificar que as alterações histopatológicas examinadas no fígado de exemplares de *A.*

jacuhiensis mostraram que os resultados obtidos neste estudo são semelhantes aos registrados por Goettens et al. (1986) e Malabarba e Goettens (1987), que encontraram altos percentuais de peixes com deformidades nas primeiras lagoas e baixos percentuais de deformidades nas últimas lagoas, o que, provavelmente, indica uma redução da toxicidade do efluente.

Estudando dois gêneros de peixes expostos a dois derivados do carvão, Stoker et al. (1985) observaram que o citoplasma da maioria das células perdeu o padrão de coloração normal e adquiriu uma granulação desigual, o que vem de encontro ao que foi observado em *A. jacuhiensis*.

A ausência ou ocorrência em número reduzido de Centros Melano Macrofágicos nos exemplares das lagoas 1 e 8, em relação aos exemplares do arroio Bom Jardim, pode ser um indicio de exposição prolongada a algum agente estressor. Estas estruturas são grandes granulomas hepáticos compostos quase que exclusivamente de macrófagos e estes encontram-se separados do parênquima hepático por uma delgada camada de tecido fibroso e um moderado número de linfócitos (Ferguson, 1989). Segundo Agius (1980), a sua função é capturar partículas estranhas ou partículas derivadas de destruição ou degeneração celular, eliminando-as pelo processo de fagocitose. Estas estruturas armazenam pigmentos, sendo os mais comuns a melanina, a lipofuscina e os ceróides. Este autor relatou ainda que estudos comparativos em diferentes espécies tem mostrado variações no número, tamanho e pigmentação destas estruturas em relação a idade, nutrição e estado de saúde.

Com os dados obtidos neste estudo, parece provável que o sistema terciário de tratamento de efluentes líquidos apresenta certa eficácia, o que pode ser verificado em função das patologias mais intensas serem encontradas na lagoa 1 e as patologias menos intensas serem encontradas na lagoa 8, mostrando que o efeito do efluente nas últimas lagoas não é tão evidente quanto nas primeiras lagoas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Prof. Dr. Marcus Fábio T. Oliveira, Chefe do Departamento de Ciências Morfo-Biológicas da FURG e ao Prof. Dr. João Carlos B. Cousin, responsável pelo Lab. de Morfologia Funcional deste departamento, pelo espaço concedido para a realização de parte deste trabalho e pela revisão crítica do artigo. Um agradecimento especial aos técnicos Circe Machado (UFRGS), Pedro Antônio Garcia e Maria Inês Almeida Santos (FURG) pela colaboração na preparação do material histológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIOCIÊNCIAS, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 166-172, jul. 2007

- 1 - AGIUS, C. Phylogenetic development of melano macrophage centers in fish. *Jour. of Zool.*, v. 191, p. 11 – 31, 1980.
- 2 - ANDERSSON, T.; FÖRLIN, L.; HÄRDIG, J.; LARSSON, A. Physiological disturbances in fish living in coastal water polluted with Bleached Kraft Pulp Mill effluents. *Can. Jour. of Fish Aquat. Sci.*, v. 45, p. 1525 – 1536, 1988.
- 3 - BEHMER, O.A.; TOLOSA, E.M.C.; NETO, A.G.F. Manual de Técnica para Histologia Normal e Patológica. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, Edart Ltda, 1976. 239 p.
- 4 - BIAGIANTI-RISBOURG, S. Fine structure of hepatocytes in juvenile grey mullets: *Lisa saliens* Risso, *L. ramada* Risso and *L. aurata* Risso (Teleostei, Mugilidae). *Jour. of Fish Biol.*, v. 39, p. 687 – 703, 1991.
- 5 - BRAUNBECK, J.B.; STORCH, V.; BRESCH, H. Species-specific reaction of liver ultrastructure in zebrafish (*Brachydanio rerio*) and trout (*Salmo gairdneri*) after prolonged exposure to 4-chloroamine. *Arch. of Envir. Contam. and Toxic.*, v. 19, p. 405 – 418, 1990.
- 6 - BUCKE, D.; WATERMANN, B.; FEIST, S. Histological variations of hepato-splenic organs from the North Sea dab, *Limanda limanda* (L.). *Jour. of Fish Dis.*, v. 7, p. 255 – 2689, 1984.
- 7 - COLLIER, T.K.; JOHNSON, L.L.; STEHR, C.M.; MYERS, M.S.; STEIN, J.E. A comprehensive assessment of the impacts of contaminants on fish from na Urban Waterway. *Mar. Environ. Res.*, v. 46, p. 243 – 247, 1998.
- 8 - FERREIRA, M. F. N. Avaliação da Toxicidade dos efluentes líquidos do sistema integrado de tratamento do Polo Petroquímico do Sul sobre a morfogenese de larvas de *Pimephales promelas* Rafinesque, 1820. 1992. 107 p. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, FURG, Rio Grande, 1992.
- 9 - FERGUSON, H.W. Systematic Pathology of fish. A text and Atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts. Iowa, Iowa State University Press. USA. 1989. 263 p.
- 10 - GOETTEMS, E.M.P.; TEIXEIRA, E.L.; MALABARBA, L.R. Biological aspects in the evaluation of tertiary lagoons and efficiency in the removal of organic pollutants. In: IAWPRC Biental international Conference. 1986.
- 11 - GONZALEZ, G.; CRESPO, S.; BRUSKE, J. Histo-cytological study of the liver of the cabrilla sea bass, *Serranus cabrilla* (Teleostei, Serranidae), an available model for marine fish experimental studies. *Jour. of Fish Biol.*, v. 43, p. 363-373, 1993.
- 12 - HOSE, J.E.; MCGURK, M.D.; MARTY, G.D.; HINTON, D.E.; BROWN, E.D. BAKER, T.T. Sublethal effects of the Exxon Valdez oil spill on herring embryos and larvae: morphological, cytogenetic, and histopathological assessments, 1989 – 1991. *Can. Jour. Fish Aquat. Sc.*, v. 53, p. 2355 – 2365, 1996.
- 13 - KÖHLER, A.; DEISEMANN, H.; LAURITZEN, B. Histological and cytochemical indices of toxic injury in the liver of dab *Limanda limanda*. *Mar. Ecol. Prog. ser.* 91, p. 141 – 153, 1992.
- 14 - KRANZ, H.; PETERS, N. Pathological conditions in the liver of ruffe, *Gymnocephalus cernua* (L.) from the Elby estuary. *Jour. of Fish Dis.*, v. 8, p. 3 – 24, 1985.
- 15 - MALABARBA, L. R.; GOETTEMS, E. M. P. Estudos sobre a Ictiofauna das Lagoas de Estabilização Terciárias do Sítel. São Paulo. In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 14, p. 74 – 120, 1987.
- 16 - MALABARBA, L.R.; REIS, R.E. Manual de Técnicas para a preparação de Coleções Zoológicas. Nº 36 – Peixes. Campinas, Sociedade Brasileira de Zoologia, 1987. 14 p.
- 17 - MICHALANY, J. Técnica histológica em Anatomia Patológica, com instruções para o cirurgião, enfermeira e citotécnico. São Paulo, EPU, 1980, 277 p.
- 18 - MOSSÉ, R.A.; CHAGAS, J.M.; TERRA, A.R.S. Utilização de lagoas de maturação com aguapé (*Eichhornia crassipes*) na remoção de algas e coliformes em efluentes de lagoas de estabilização. *Engen. Sanit.*, v. 19, n. 1, p. 72 – 76, 1980.
- 19 - SALEH, H. H. Fish liver as indicator of aquatic environmental pollution. *Bull. Inst. Oceanogr. & Fish.*, v. 8, p. 69 – 79, 1982.
- 20 - SCHÄR, M.; MALY, I. P.; SASSE, D. Histochemical studies on metabolic zonation of the liver in the trout (*Salmo gairdneri*). *Histochemistry*, v. 83, p. 147 – 151, 1985.
- 21 - SCHWAIGER, J., WANKE, R., ADAM, S., PAWERT, M., HONNEN, W.; TRIEBSKORN, R. The use of histopathological indicators to evaluated contaminant-related stress in fish. *J. Aquat. Ecosyst. Stress Recov.* 6, p. 75 – 86, 1997.
- 22 - STEGEMAN, J.J., LECH, J.J. Cytochrom p-450 monoxygenase systems in aquatic species: carcinogen metabolism and biomarkers for carcinogen and pollutant exposure. *Environ. Health Persp.*, v. 90, p. 93 – 100, 1991.
- 23 - STOKER, P.W.; LARSEN, J.R.; BOOTH, G.M.; LEE, M. L. Pathology of gill and liver tissues from two genera of fishes exposed to two coal-derived materials. *Jour. of fish Biol.*, v. 27, p. 31 – 46, 1985.
- 24 - TEH, S.J.; ADAMS, S.M.; HINTON, D.E. Histopathologic biomarkers in feral freshwater fish populations exposed to different types of

contaminant stress. *Aquat. Toxicol.*, v. 37, p. 51 – 70, 1997.

25 - THOMAS, P. Molecular and Biochemical Responses of Fish to Stressors and Their Potential

Use in Environmental Monitoring. *Amer. Fish. Soc. Symp.*, v. 8, p. 9 – 28. 1990.

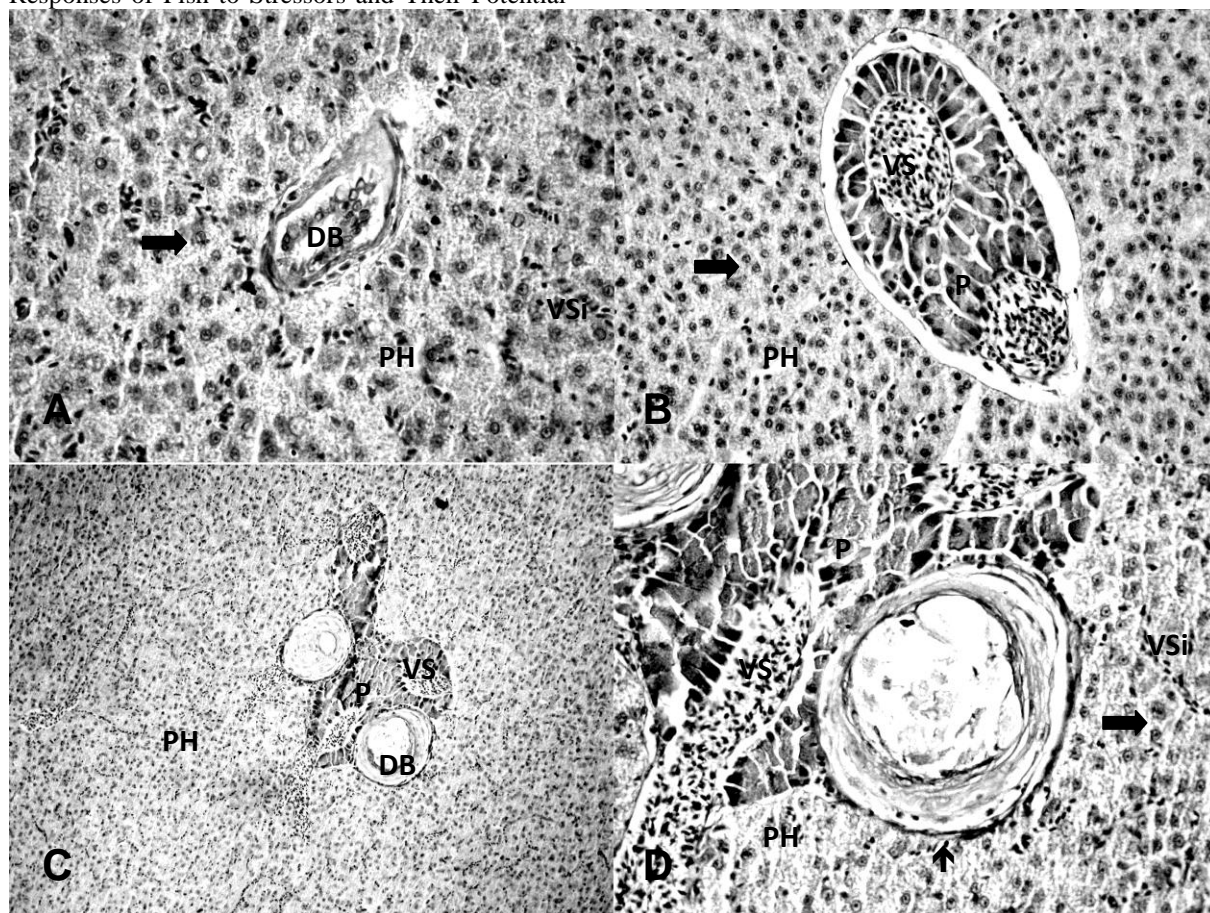


Figura 1 – Cortes histológicas do fígado de exemplares de *Astyanax jacuhiensis*. A – Ducto biliar em fígado normal (400X); B – Pâncreas exócrino normal com vaso sanguíneo no centro (400X); C – Parênquima hepático mostrando ductos biliares e pâncreas exócrino (200X); D – Ducto biliar e pâncreas exócrino normais (400X); Seta – Núcleo dos hepatócitos; Cabeça de seta – Camada de melanina; DB – Ducto biliar; P – Pâncreas; VS – Vaso sanguíneo; VSi – Vasos sinusóides; PH – Parênquima hepático.

Tabela 1 – Total de exemplares normais e anômalos de *Astyanax jacuhiensis* coletados em cada ponto de amostragem. Fr.= frequência relativa; 0,1,2 e 3 graus de intensidade das anomalias observadas no fígado.

Pontos	Nº Total	Anômalos	Fr.(%)	Intensidade anomalias			
				0	1	2	3
Lagoa 1	45	19	42,22%	-	11	8	-
Lagoa 8	45	11	24,44%	-	7	4	-
ABJ 1	10	0	0	0	-	-	-
ABJ 2	17	0	0	0	-	-	-
ABJ 3	8	0	0	0	-	-	-

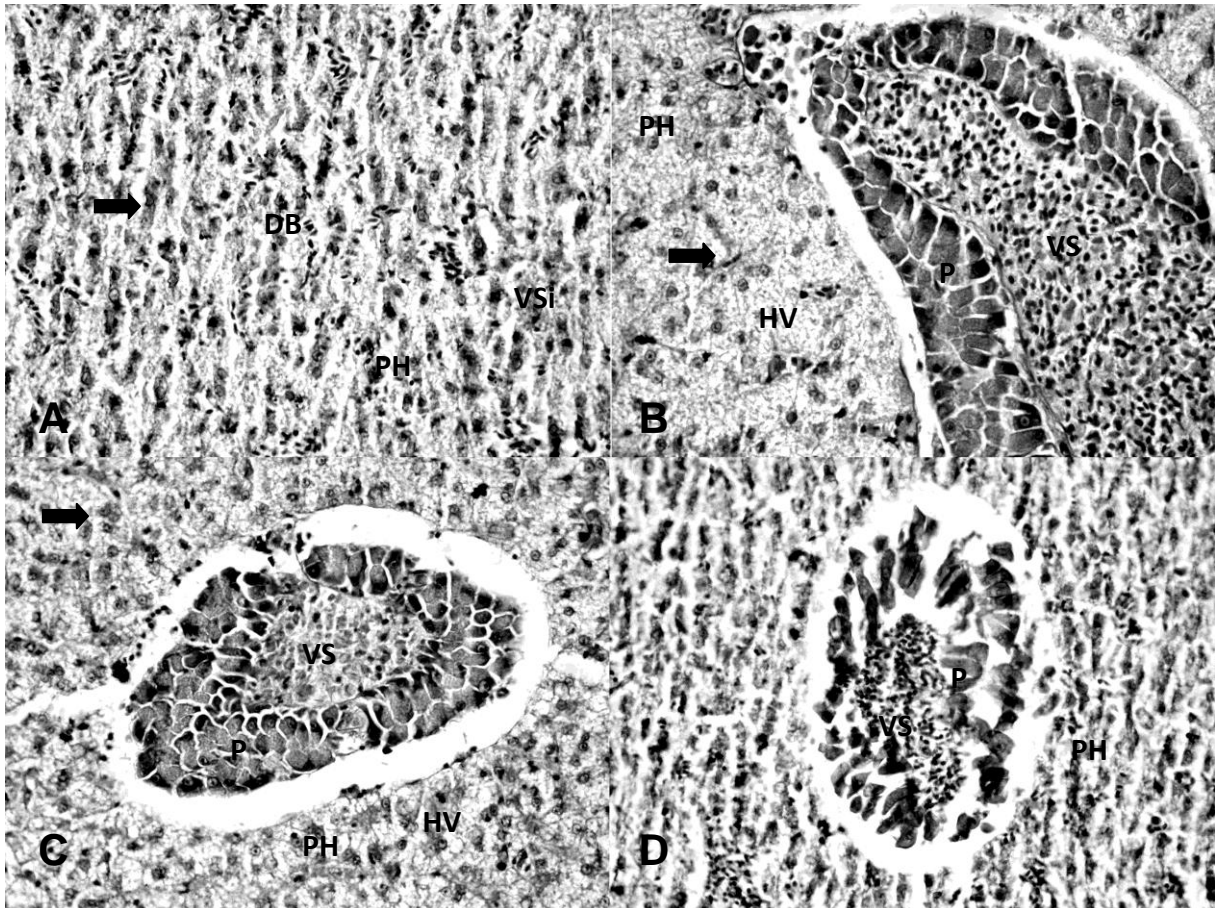


Figura 2 – Cortes histológicas de fígado de exemplares de *Astyanax jacuhiensis*. A – Infiltração de linfócitos nos vasos sinusóides (400X); B – Vacuolização dos hepatócitos (400X); C – Vacuolização dos hepatócitos e infiltração de linfócitos (400X); D – Alteração das células do pâncreas exócrino (400X); Seta – Núcleo dos hepatócitos; PH – Parênquima hepático; HV – Hepatócitos vacuolados; P – Pâncreas exócrino; VS – Vasos sanguíneos.