

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 20/02/2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - UNESP - BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA - NÍVEL: MESTRADO

BRUNA CAROLINE KOTZ KLIEMANN

ICTIOFAUNA SILVESTRE COMO BIOINDICADORA DE INFLUÊNCIAS DE
UMA PISCICULTURA EM TANQUES-REDE: ECOLOGIA TRÓFICA E
HISTOFISIOLOGIA

BOTUCATU – SP

Janeiro/ 2018

BRUNA CAROLINE KOTZ KLIEMANN

Ictiofauna silvestre como bioindicadora de influências de uma piscicultura em tanques-
rede: ecologia trófica e histofisiologia

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de
Botucatu, SP, como parte dos requisitos para obtenção do
Título de Mestre em Ciências Biológicas – Área de
concentração: Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Igor Paiva Ramos
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Rosilene Luciana Delariva

Botucatu – SP

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Kliemann, Bruna Caroline Kotz.

Ictiofauna silvestre como bioindicadora de influências de uma piscicultura em tanques-rede : ecologia trófica e histofisiologia / Bruna Caroline Kotz Kliemann. - Botucatu, 2018

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Igor Paiva Ramos

Coorientador: Rosilene Luciana Delariva

Capes: 20500009

1. Peixe - Criação. 2. Peixe - Alimentação. 3. Histologia. 4. Ictiofauna. 5. Proteínas.

Palavras-chave: alimentação; cultivo intensivo de peixes; dieta individual; histologia; proteínas totais.

DEDICATÓRIA

*A minha família, pelo apoio e incentivo.
A família LIEB e PIRÁ, que me acompanharam e
auxiliaram durante esses anos de crescimento.*

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dr.^a Rosilene Luciana Delariva pela confiança, apoio, paciência e orientação em todos os aspectos, tanto profissionais quanto pessoais.

Ao Prof. Dr. Igor Paiva Ramos pela confiança, paciência e orientação. À banca, Dr.^a Rosemara e Dr.^o João por aceitarem a participação na banca e contribuírem com o aprimoramento do trabalho.

Ao Prof. Dr. João Paulo Amorim pela parceria e principalmente, pela grande contribuição e ensinamentos no Laboratório de Histologia.

Ao Prof. Dr. Luciano Lazzarini Wolff pela amizade e por sempre ser prestativo em ajudar com dúvidas e discussões.

À Prof. Cristiele e Prof. Rosicleire pela parceria e contribuição com as análises histológicas e fisiológicas, bem como pela contribuição no aprimoramento deste trabalho com a participação na banca de qualificação.

A Jislaine por me auxiliar nas análises estatísticas.

Ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, coordenação e professores pelas fundamentais contribuições ao longo do curso.

Aos amigos do Laboratório de Ictiologia, Ecologia e Biomonitoramento (LIEB) que me acompanham desde a graduação. Em especial, à Mayara que foi a minha mestre, desde o início me auxiliando com as análises do conteúdo estomacal, análises estatísticas bem como protocolo e análises histológicas. E a Mara e Cris pela amizade e companheirismo nesses anos.

À Flávia e Daniel que me auxiliaram nas análises do conteúdo estomacal.

À técnica do laboratório de histologia Cris pela ajuda no processamento de materiais e confecções das lâminas histológicas.

Aos amigos do Laboratório de Ecologia de Peixes – Pirá, pelo companheirismo e pelo auxílio na coleta dos dados.

As novas amizades feitas, em especial a Letícia que esteve ao meu lado desde a primeira coleta e pelo apoio nesses dois anos e a Lidiane que está sempre disposta a me ajudar quando preciso.

As minhas amigas, Kelly, Adrieli e Jéssica, presentes da graduação, que sempre estão ao meu lado me apoiando.

Aos meus pai, Carmen e Laudir, por sempre me incentivarem na busca do conhecimento e pela boa educação que me fez tornar a pessoa que sou hoje.

As minhas irmãs, Alessandra e Isabelly, pela admiração, incentivo e apoio.

A minha avó Melania pela boa educação nos primeiros anos da minha vida e ao incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu avô Dealmo, que se orgulha em ter uma futura doutora como neta.

*Ao meu avô Erico (**in memoriam**) que sempre me aconselhou a estudar e conquistar os meus sonhos.*

Ao meu namorado Robson, que me apoia e está do meu lado sempre que preciso e pelo incentivo na busca pelo conhecimento.

À CNPQ, pelo auxílio financeiro.

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização dessa pesquisa.

SUMÁRIO

Resumo geral	8
Introdução geral	9
CAPÍTULO I	19
Resumo.....	20
Introdução.....	20
Materiais e métodos.....	21
Resultados.....	25
Discussão.....	32
Referências.....	35
CAPÍTULO II	40
Resumo.....	41
Introdução.....	42
Materiais e métodos.....	44
Resultados.....	49
Discussão.....	54
Referências.....	57
CAPÍTULO III	63
Resumo.....	64
Introdução.....	64
Materiais e métodos.....	66
Resultados.....	71
Discussão.....	76
Referências.....	82
CONCLUSÃO GERAL	90

Resumo geral

O crescimento populacional e a procura por uma alimentação mais saudável tem impulsionado a produção do pescado em escala mundial. Nesse cenário, a aquicultura, em especial os sistemas de pisciculturas em tanques-rede, tem se destacado mundialmente, sendo o principal modelo empregado em reservatórios brasileiros. Esse modelo de cultivo é intensivo, com peixes estocados em alta densidade em estruturas flutuantes, alimentados com intenso aporte de ração. Considerando que os tanques são estruturas imersas nos corpos de água, esse modelo de cultivo é responsável pela entrada de matéria orgânica (ração, fezes e escamas) no ambiente, a qual fica disponível como alimento para a biota aquática. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar se a entrada de matéria orgânica promove alterações na dieta da ictiofauna silvestre nos arredores dos tanques de cultivo, influenciando assim a estrutura trófica da mesma. Ainda, avaliar a influência desses empreendimentos a nível individual e se essas alterações são capazes de promover alterações histofisiológicas, utilizando uma espécie omnívora como modelo. Foram realizadas análises do conteúdo estomacal de dez espécies da ictiofauna silvestre (*Geophagus* cf. *proximus*, *Plagioscion squamosissimus*, *Pimelodus* cf. *platicirris*, *Serrasalmus maculatus*, *Raphiodon vulpinus*, *Triportheus nematurus*, *Metynnis maculatus*, *Satanoperca pappaterra*, *Schizodon nasutus* e *Roebooides paranensis*) amostrada em área sob influência da piscicultura (área tanque) e área livre de influência (área controle), no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná, rio Grande, SP. Observaram-se diferenças na alimentação entre os locais de amostragem, sendo o item ração, um dos principais responsáveis por essa diferença. Além disso, verificou-se que dentre as guildas tróficas que compõem a comunidade silvestre, as espécies omnívoras e oportunistas foram as mais influenciadas pela piscicultura em tanques-rede, visto que apresentam plasticidade trófica, consumindo os itens mais disponíveis no ambiente. Ainda, foi aplicada uma abordagem alternativa para o estudo do uso e partilha dos recursos alimentares em nível individual para a população de *Geophagus* cf. *proximus*, sob influência de uma piscicultura em tanques-rede. Este estudo demonstrou que populações conhecidas como generalistas podem na verdade ser compostas por indivíduos especialistas e que a variação interindividual e a especialização são influenciadas pelas variações no ambiente, bem como pela disponibilidade de recursos alimentares. Adicionalmente, foram realizadas análises histofisiológicas do tecido hepático (concentração de proteínas totais, do fígado, gônadas e músculo), de *Geophagus* cf. *proximus*, espécie omnívora, amostrada nas duas áreas. Verificou-se que a ração, contendo altas concentrações lipídicas e proteicas, promoveu histopatologias severas no fígado, bem como hiperplasia pancreática e esteatose hepática. Assim, conclui-se que a piscicultura em tanques-rede influenciou a ecologia trófica da ictiofauna silvestre, principalmente espécies omnívoras-oportunistas, as quais se alimentaram da ração, um item alimentar altamente disponível e de fácil captura. Esse modelo de cultivo considerado promotor de alterações ambientais, influenciando na disponibilidade de alimento, interferiu também nos padrões de uso de recursos pelos indivíduos. Além disso, o consumo de ração provocou alterações histofisiológicas no tecido hepático e gonadal de uma espécie silvestre. Diante disso, reforça-se a importância do estudo acerca das influências de desses empreendimentos sobre a fauna aquática.

Palavras-chave: cultivo intensivo de peixes, alimentação, dieta individual, histologia, proteínas totais, ictiofauna.

Introdução geral

O cultivo de organismos aquáticos, em especial peixes, é realizado há aproximadamente 4.500 anos pelos egípcios e há séculos pelos chineses (ABRUNHOSA, 2011; SOUZA e LEITE, 2017; SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017). Até meados das décadas de 1960 e 1970, a aquicultura era mundialmente realizada de forma artesanal e familiar, com a alimentação dos peixes baseada em subprodutos (esgoto doméstico, adubo e subprodutos agrícolas) e alimentos naturais (AGOSTINHO et al., 2007; EDWARDS, 2015). Assim, essa atividade contribuía na ciclagem de resíduos agrícolas ou domésticos, sendo considerada menos impactante para o ambiente (EDWARDS, 2015).

Após a segunda guerra mundial, a aquicultura começou a ser reconhecida mundialmente como uma nova fronteira na produção de alimentos, com grande potencial produtivo, obteve grandes investimentos e começou a se desenvolver de forma intensiva, em escala industrial (AGOSTINHO et al., 2007; SOUZA e LEITE, 2017). Ao longo dos anos foram desenvolvidas e implementadas rações comerciais, melhoramento genético das espécies cultivadas, com consequente aumento na produção de pescado (EDWARDS, 2015). Contudo, paralelamente ao seu desenvolvimento, houve o agravamento de seus efeitos sobre o meio ambiente (PILLAY, 2004).

Atualmente, o crescimento e demanda populacional por uma alimentação mais saudável, como o consumo de pescado por exemplo, tem exigido melhoria na segurança alimentar juntamente com produções em massa de pescado (SIDONIO et al., 2012; SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017). Dessa forma, a ciência por meio de desenvolvimento tecnológico, aumenta a eficiência de manejo, e rações (alto valor nutritivo e digestibilidade), contribuindo para um produto final de boa qualidade e consequentemente para o atual cenário de constante crescimento da aquicultura (ABRUNHOSA, 2011; EDWARDS, 2015).

A aquicultura brasileira no ano de 2015 produziu 574.164 toneladas de pescado, avaliados em R\$ 4,4 bilhões, sendo a maior parte (69,9%) oriunda da piscicultura, produzidas nas 27 unidades da federação (2.905 municípios), com importante papel para economia nacional (IBGE, 2015). Especificamente, a piscicultura continental apresentou crescimento anual médio de 8% no período de 2004 a 2014, destacando-se a região Sudeste, com crescimento de 12,7% em 2015, sendo o estado de São Paulo o quinto maior produtor, com 6,4% da produção nacional (31.141 toneladas) (IBGE, 2015).

Dentre os organismos cultivados (peixes, crustáceos e moluscos), destaca-se o peixe de água doce tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* e suas linhagens) (KIRCHNER et al., 2016; SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017). Segundo IBGE (2015), *Oreochromis niloticus* é a segunda espécie mais cultivada em todo mundo, com a maior produção dentre as espécies de peixes cultivadas no Brasil (219.329 toneladas = 45,4% da produção de pescado em 2015). Sua produção cresceu 23,9% entre 2004 e 2015, respondendo por 38,4% do valor da produção nacional de peixes (IBGE, 2015). Assim, observa-se que o cultivo de tilápias em tanques-rede vem sendo uma das atividades zootécnicas com o maior crescimento no período, com alta relevância econômica regional e nacional. Além da tilápia, outras espécies são cultivadas com sucesso, tais como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), tambacu (*Colossoma* sp. x *Piaractus* sp.), pacus (gênero *Piaractus*) e carpas (*Cyprinus carpio*, *Aristichthys nobilis*, *Ctenopharyngodon idella*) (ABRUNHOSA, 2011; KUBITZA, 2015). Assim, atualmente o modelo de cultivo intensivo, devido às suas características, é o principal meio de produção de pescado no Brasil (ARAÚJO et al., 2015; SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017).

Em águas continentais e marinhas costeiras, observa-se o predomínio do modelo de piscicultura em tanques-rede (ABRUNHOSA, 2011; BRABO et al., 2015). Esse modelo foi desenvolvido inicialmente na Indonésia em 1922, onde os piscicultores cultivavam os peixes em cestos ou gaiolas de bambu (REKSALEGORA, 1979). A partir da década de 1950, os japoneses desenvolveram gaiolas com armação, dispositivos metálicos e estruturas flutuantes de plástico, colaborando com o desenvolvimento e expansão deste sistema de cultivo (ABRUNHOSA, 2011; BRAZ FILHO, 2015).

Na piscicultura em tanques-rede os peixes são criados em alta densidade, confinados em estruturas flutuantes e com intenso aporte de ração (BRAZ FILHO, 2015; EDWARDS, 2015; SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017). No Brasil, são normalmente implementados em reservatórios de usinas hidrelétricas, os quais, por sua vez, são ambientes que tiveram suas características ambientais, fauna e flora, alteradas em escala local e regional. Desvio do curso do rio, alagamento de áreas florestadas, onde muitas espécies de vegetais terrestres acabam submersas e, conseqüentemente, morrem, promovendo assim a proliferação de perifíton, além das mudanças no fluxo e vazão da água (AGOSTINHO et al., 2007). Por conseguinte, alterações na temperatura, na umidade relativa do ar, na evaporação, interferências no ciclo hidrológico, pois a regularização hidrológica passa a ser controlada pela usina hidrelétrica, são alguns dos exemplos de alterações provocadas no ecossistema aquático (AGOSTINHO et al., 2007).

Influências ambientais desses sistemas de cultivo são inevitáveis e recorrentes em corpos da água utilizados para esta finalidade, porém são pouco avaliadas. Ainda, quando implementado em um local já impactado, como reservatórios de usinas hidrelétricas, os problemas ambientais são acrescidos. Diversos trabalhos demonstram impactos provocados pelas pisciculturas em tanques-rede para inúmeros segmentos do ecossistema aquático, tais como: interferências na biologia e dinâmica populacional dos organismos aquáticos (AGOSTINHO et al., 2007; ZANATTA et al., 2010; BRANDÃO et al., 2012; RAMOS et al., 2013; EDWARDS, 2015; ORTEGA et al., 2015; DIAS et al., 2015; MARCUSSO et al., 2015; LEÃO et al., 2017), sobre parâmetros limnológicos e físico-químicos da água e sedimentação (AGOSTINHO et al., 2007; NETO et al., 2015; NABIRYE et al., 2016; TOMASSETI et al., 2016).

A qualidade da água foi avaliada por Nabirye et al. (2016) no lago Victória, África Oriental, com base na abundância numérica de macroinvertebrados bentônicos. Esse estudo mostrou que a piscicultura em tanques-rede pode causar alterações locais significativas na estrutura da comunidade de macroinvertebrados, devido à redução observada da diversidade de espécies e aumento da abundância de formas tolerantes à poluição (NABIRYE et al., 2016). É prognosticado que a diversidade de espécies de macroinvertebrados e outros organismos bentônicos diminua a eutrofização (BROWN et al., 1987; LEVINGS, 1994).

A redução que Nabirye et al. (2016) observaram é decorrente da entrada de matéria orgânica. Um estudo realizado em um reservatório artificial chinês revelou que as unidades de produção interferem no ambiente a uma distância de até 50 m e que há uma diminuição na diversidade biológica dos organismos planctônicos e bentônicos, com uma forte correlação negativa entre a distância das fazendas e a biomassa do fitoplâncton (GUO e LI, 2003).

Neto et al. (2015) avaliaram uma piscicultura em tanques-rede de tilápias localizada no rio Paranapanema, bacia do Alto Paraná. Estimaram que 18% da alimentação fornecida aos peixes de cultivo não são consumidos e ficam disponível no meio aquático. Além da ração, fezes e escamas podem compor a matéria orgânica que excede dos tanques de cultivo. Essa matéria orgânica, se não consumida pelos organismos planctônicos e nectônicos, sedimenta no fundo dos corpos d'água, podendo provocar a diminuição no oxigênio dissolvido (WDF, 1990). Atrelado ao enriquecimento orgânico e consequente diminuição do oxigênio, foram relatados a proliferação de doenças e parasitas (AGOSTINHO et al., 2007; DIAS et al., 2015; MARCUSSO et al., 2015; LEÃO

et al., 2017), uma vez que o manejo e baixas condições ambientais do cultivo, bem como condições sanitárias inadequadas, podem facilitar a transmissão e o estabelecimento de parasitas de peixes (BAGGE et al., 2004; TAKEMOTO et al., 2005; POULIN, 2006; SANTOS et al., 2013; SILVA et al., 2013).

Xie et al. (1997) demonstraram interferências da alimentação dos peixes de cultivo sobre a qualidade da água, com consequências no crescimento, saúde e sobrevivência dos animais de cultivo. Alterações na alimentação dos peixes silvestres associados aos tanques de cultivo foram relatados principalmente para espécies omnívoras, como *P. maculatus*, *M. maculatus*, *Apareiodon affinis*, *Iheringichthys labrosus* e *Astyanax lacustris* (= *Astyanax altiparanae*) e como consequência, influências na condição nutricional (fator de condição) e alterações na cadeia trófica (BRANDÃO et al., 2012; RAMOS et al., 2013; EDWARDS, 2015). Essas, por serem generalistas e oportunistas consomem os itens alimentares disponíveis, independentemente de sua origem, vegetal ou animal. A partir do momento que passam a consumir a ração, por exemplo, esses peixes deixam de consumir um alimento natural, interferindo dessa forma em outros níveis da cadeia trófica.

O estudo da ecologia trófica da ictiofauna permite conhecer quais os recursos alimentares disponíveis no ambiente e como as espécies utilizam e partilham esses recursos alimentares. (NEVES et al., 2015; SILVA et al., 2017). Também possibilita verificar como as alterações ambientais influenciam a alimentação natural dos peixes, uma vez que a disponibilidade dos recursos alimentares está diretamente relacionada com mudanças no ambiente (SCHOENER, 1974; ROSS, 1986; PREJS e PREJS, 1987).

Analisar a composição da dieta da ictiofauna no entorno de sistemas de pisciculturas em tanques-rede permite demonstrar a influência direta e indireta do aporte de matéria orgânica (peixes, escama, fezes e ração) sobre o ecossistema aquático e a ictiofauna residente nessas áreas (RAMOS et al., 2013; EDWARDS, 2015). Assim, estudos que abordem os aspectos alimentares da ictiofauna, podem contribuir de forma consistente para a elaboração de manejos mais sustentáveis, contribuindo para um melhor ordenamento dos múltiplos usos dos reservatórios de usinas hidrelétricas, em especial os brasileiros.

Considerando a produção aquícola do Oeste do estado de São Paulo, correspondendo 90% da produção aquícola estadual, e o município de Santa Fé do Sul (reservatório de Ilha Solteira) como quinto maior produtor do país em 2015 (IBGE, 2015), esta região apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento de pesquisas que

busquem elucidar as influências ambientais desse sistema de produção aquícola. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de um sistema de piscicultura em tanques-rede sobre a ecologia trófica da fauna de peixes silvestres no reservatório de Ilha Solteira, rio Grande, SP. Foram estabelecidas e testadas as seguintes predições: a) ocorrem modificações na alimentação da ictiofauna silvestre, influenciadas pela disponibilidade de restos de ração e outros resíduos provenientes dos tanques de cultivo; b) ocorrem alterações nos padrões de usos de recursos pelos indivíduos, influenciadas pela piscicultura em tanques-rede; c) as alterações na dieta de peixes silvestres interferem sobre aspectos histopatológicos hepáticos com influência sobre aspectos metabólicos, como teores de proteínas nos tecidos hepáticos, gonadal e muscular.

Referências

- ABRUNHOSA, F. **Técnico em Aquicultura**: Piscicultura. Pará: IFPA e UFRN, 2011.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**, Maringá: EDUEM, 2007.
- ARAÚJO, J. G.; SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; OLIVEIRA, C. M.; COSTA, A. D. Crédito rural para aquicultura: uma análise do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte no estado do Pará. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology**, v.19, p. 553-562, 2015.
- BAGGE, A.M.; POULIN, R.; VALTONEN, E.T. Fish population size, and not density, as the determining factor of parasite infection: a case study. **Parasitology**, v. 128, n. 3, p. 305-313, 2004.
- BRABO, M. F.; FERREIRA, L. A.; VERAS, G. C.; CINTRA, I. H. A.; PAIVA, R. S.; FUJIMOTO, R. Y. Proposta de indicadores de sustentabilidade para parques aquícolas continentais: avaliação de um empreendimento na Amazônia. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.2, p.315-321, 2015.
- BRANDÃO, H.; LOBÓN-CERVÍÁ, J.; RAMOS, I. P.; SOUTO, A. C.; NOBILE, A. B.; ZICA, E. O. P.; CARVALHO, E. D. Influence of a cage farming on the population of the fish species *Apareiodon affinis* (Steindachner, 1879) in the Chavantes reservoir, Paranapanema River SP/PR, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.24, p.438-448, 2012.
- BRAZ FILHO, M. dos S. P. **Criação de Peixes em Tanque Rede- SENAR**, 2015. Disponível em: http://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Producao-de-Peixe-em-Tanque-Rede.pdf. Acesso em: 14 nov. 2015.
- BROWN, J.R.; GOWEN, R.J.; MCLUSKY, D.M. The effects of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch. **Journal of Experimental Marine Biology and**

Ecology, v.109, p.39-51, 1987.

DEMÉTRIO, J.A.; GOMES, L.C.; LATINI, J.D.; AGOSTINHO, A.A. Influence of net cage farming on the diet of associated wild fish in a Neotropical reservoir.

Aquaculture, v.330-333, p.172-178, 2012.

DEMPSTER, T.; SANCHEZ-JEREZ, P.; BAYLE-SEMPERE, J.T.; GIMÉNEZ-CASALDUERO, F.; E VALLE, C. Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability. **Marine Ecology Progress Series**, v.242, p.237–252, 2002.

DIAS, M.K.R.; NEVES, L.R.; MARINHO, R.G.B.; PINHEIRO, D.A.; E TAVARES-DIAS, M. Parasitismo em tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*, Characidae) cultivados na Amazônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v.45, n.2, p.231-238, 2015.

DOSDAT, A. Environmental impact of aquaculture in the Mediterranean: Nutritional and feeding aspects. In: Uriarte A., Basurco B. (Eds.), **Environmental impact assessment of Mediterranean aquaculture farms**. Zaragoza: CIHEAM-FAO, 2001. p. 23-36.

EDWARDS, P. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. **Aquaculture**, v.447, p.2-14, 2015.

FERNANDEZ-JOVER, D.; ARECHAVALA-LOPEZ, P.; MARTINEZ-RUBIO, L.; TOCHER, D. R.; BAYLE-SEMPERE, J. T.; LOPEZ-JIMENEZ, J. A.; MARTINEZ-LOPEZ, F. J.; SANCHEZ-JEREZ, P. Monitoring the influence of marine aquaculture on wild fish communities: benefits and limitations of fatty acid profiles. **Aquaculture Environment Interactions Journal Impact**, v.2, p.39–47, 2011.

GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorous from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. **Aquaculture**, v.226, p.201–212, 2003.

IBGE. Produção pecuária municipal. **Produção pecuária municipal**, v.43, p.1-49, 2015.

KIRCHNER, R. M.; CHAVES, M.A.; SILINSKE, J.; ESSI, L.; SCHERER, M.E.; DURIGON, E.G. Análise da produção e comercialização do pescado no Brasil. **Revista Agroambiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 168 - 177, 2016

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: Principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v.25, n.150, p.10-23, 2015.

LEÃO, M. S. L.; JUSTO, M. C. N.; BUENO, G. W.; COHEN, S. C.; SÃO CLEMENTE, S. C. Parasitism by Monogenoidea in *Piaractus mesopotamicus* (Characiformes, Characidae) cultivated in Paraná River (Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, (AHEAD), p.0-0, 2017.

LEVINGS, C.D. Some ecological concerns for net pen culture of salmon on the coasts

of the Northeast Pacific and Atlantic Oceans, with special reference to British Columbia. **Journal of Applied Aquaculture**, v.4, p. 65–141, 1994.

MARCUSSO, P. F.; ETO, S. F.; CLAUDIANO, G. D. S.; VIEIRA, F. C. F.; SALVADOR, R.; MORAES, J. R. E. D.; MORAES, F. R. D. Isolamento de *Streptococcus agalactiae* em diferentes órgãos de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Bioscience Journal**, v.549-554, 2015.

NABIRYE, H.; MWEBAZA-NDAWULA, L.; BUGENYI, F. W. B.; JONES, F. The evaluation of cage fish farming effects on water quality using selected benthic macro-invertebrate community parameters in the napoleon gulf, northern Lake Victoria. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v.4, n.1, p.42-50, 2016.

NETO, R. M.; NOCKO, H. R.; OSTRENSKY, A. Environmental characterization and impacts of fish farming in the cascade reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. **Aquaculture Environment Interactions**, v.6, n.3, p.255-272, 2015.

NEVES, M. P.; DELARIVA, R. L.; WOLFF, L. L. Diet and ecomorphological relationships of an endemic, species-poor fish assemblage in a stream in the Iguaçu National Park. **Neotropical Ichthyology**, v.13, n.1, p.245-254, 2015.

ORTEGA, J. C. G.; JÚLIO Jr., H. F.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. Fish farming as the main driver of fish introductions in Neotropical reservoirs. **Hydrobiologia**, v.746, p.147–158, 2015.

PILLAY, T.V.R. **Aquaculture and the environment**. 2^a ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

POULIN, R. Variation in infection parameters among populations within parasite species: intrinsic properties versus local factors. **International Journal for Parasitology**, v. 36, n. 8, p. 877-885, 2006.

PREJS, A.; PREJS, K. Feeding of tropical freshwater fishes: seasonality in resource availability and resource use. **Oecologia**, v.71, n.3, p.397-404, 1987.

RAMOS, I.P.; BRANDÃO, H.; ZANATTA, A.S.; ZICA, E.O.P.; SILVA, R.J Da; REZENDE-AYROZA, D.M.M De; CARVALHO, E.D. Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. **Aquaculture**, v.414–415, p.56–62, 2013.

RAMOS, I.P.; VIDOTTO-MAGNONI, A.P.; CARVALHO, E.D. Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River, High Paraná River basin). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.20, n.3, p.245-252, 2008.

REKSALEGORA, O. Fish cage culture in the town of Jambi, Indonesia. In: **Proceedings of the International Workshop on Pen Cage Culture of Fish**, 11-12 February 1979, Tigbauan, Iloilo, Philippines (pp. 51-53). Tigbauan, Iloilo, Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center; International Development research Centre. Disponível em:

<https://repository.seafdec.org.ph/bitstream/handle/10862/1525/iwpccf_p051-053.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 setembro de 2017.

ROSS, S.T., 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. **Copeia**, p.352–388.

SANTOS, E.F.; TAVARES-DIAS, M.; PINHEIRO, D.A.; NEVES L.R.; MARINHO, R.G.B.; DIAS, M.K.R. Fauna parasitária de tambaqui *Colossoma macropomum* (Characidae) cultivado em tanque-rede no estado do Amapá, Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v.43, p.107-114, 2013.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **BNDES setorial**, v.5, p.421-463, 2012.

SILVA, R.M.; TAVARES-DIAS, M.; DIAS, M.W.R.; DIAS, M.K.R.; MARINHO, R.G.B. Parasitic fauna in hybrid tambacu from fish farms. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1049-1057, 2013.

SILVA, J. C.; GUBIANI, É. A.; NEVES, M. P.; DELARIVA, R. L. Coexisting small fish species in lotic neotropical environments: evidence of trophic niche differentiation. **Aquatic Ecology**, v.51, n.2, p.275-288, 2017.

SOUZA, G. M.; LEITE, M. A. Custo de produção de piscicultura da espécie tilápia no sistema intensivo de tanque rede. **QUALIA: a ciência em movimento**, v.2, n.2, p.141-167, 2017.

SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v.185, p.27-39, 1974.

SCHULTER, E.P.; VIEIRA FILHO, J.E.R. **Evolução da piscicultura no Brasil: Diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de Tilápia**. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada- Brasília. Rio de Janeiro: Ipea, 2017.

TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C.; LIZAMA, M.A.P.; LUQUE, J.L.; POULIN, R. Host density as a major determinant of endoparasite species richness in fishes of floodplain of the upper Parana River, Brazil. **Journal of Helminthology**, v. 79, p. 75-84, 2005.

TOMASSETTI, P.; GENNARO, P.; LATTANZI, L.; MERCATALI, I.; PERSIA, E.; VANI, D.; PORRELLO, S. Benthic community response to sediment organic enrichment by Mediterranean fish farms: Case studies. **Aquaculture**, v.450, p.262-272, 2016.

VENTUROLI, G.P.; VERONEZ, A.C.; SALLA, R.V.; GOMES, L.C. Phosphorus, total ammonia nitrogen and chlorophyll a from fish cages in a tropical lake (Lake Palminhas, Espírito Santo, Brazil). **Aquaculture research**, p.1-15, 2014.

WDF. **Final Programmatic Environmental Impact Statement: Fish Culture in Floating net-Pens**. Washington Department of Fisheries, Olympia, WA, USA, 1990.

Conclusão geral

As análises do conteúdo estomacal da ictiofauna amostrada em área sob influência de piscicultura em tanques-rede e área livre desse tipo de atividade zootécnica, demonstraram influência da piscicultura em tanques-rede. Espécies que consumiam apenas insetos, Crustacea, Gastropoda, vegetal e algas na área controle adicionaram o item ração em suas dietas na área tanque. Os peixes se beneficiaram desse recurso disponível melhorando a relação custo-benefício energética, consumindo os itens mais disponíveis e vantajosos energeticamente, como os restos de ração, recurso altamente disponível e de fácil captura. As espécies mais influenciadas pela piscicultura foram as omnívoras (apresentam baixas preferências alimentares), consumindo os itens alimentares mais disponíveis, independentemente de sua origem.

Diante das alterações da alimentação nas populações avaliadas, avaliou-se a dieta individual de *G. cf proximus* e constatou-se que a população considerada generalista é composta na verdade por indivíduos especialistas os quais consomem subconjuntos da dieta dos generalistas, sendo assim a piscicultura influenciou todos os indivíduos da população. A elevada abundância dessa espécie no reservatório em ambas as áreas amostrais, pode ser explicada devido as características especialistas dos indivíduos, os quais conseguem se especializar nos itens alimentares que estiverem disponíveis no tempo e no espaço.

Diante dos resultados deste trabalho, pode-se pensar ainda que os peixes estão desempenhando papel mitigador, uma vez que os indivíduos consomem a ração e assim esta não fica disponível no ambiente. Entretanto, diante das alterações histofisiológicas observadas, pode-se inferir que a saúde desses peixes foi comprometida e que devemos repensar sobre essa função desempenhada pela ictiofauna. Ao invés disso, poderia se pensar, na utilização de ração com menor poder de diluição na água e melhor digestibilidade, assim o desperdício seria menor, em função de melhores taxas de conversão alimentar e contribuiria para a qualidade da água e a diminuição da interferência na ecologia trófica da ictiofauna silvestre. Outro aspecto a ser repensado, pela cadeia produtiva de pescado em tanques-rede, é a necessidade de mão-de-obra especializada, como técnicos aquícolas, engenheiros de pesca e zootecnistas para gerenciamento dos empreendimentos. De maneira geral, observa-se que uma parte considerável dos empreendimentos não contam com estes profissionais, sendo gerenciados por produtores sem qualificação técnica, o que aumenta o potencial de

influência ambiental negativa. Além desses fatos, respeitar e realizar as medidas de manejo indicados por zootecnistas e os produtores de insumos, colaboraria para uma aquicultura menos impactante ao ambiente aquático.

Em suma, nossos resultados demonstram a importância dos estudos sobre a ictiofauna silvestre sob influência desses empreendimentos. Podem servir como base para a realização de zoneamentos aquícolas, já que necessitam do conhecimento das exigências ecológicas e habitat natural das espécies a serem cultivadas, bem como qualidade da água e outros fatores ambientais (profundidade, vegetação subaquática, áreas de diluição, uso do solo no entorno) considerados como critérios para o zoneamento. Assim, a elaboração de um planejamento ecológico responsável, por meio de gerenciamento da cultura aquítica, pode contribuir para que o setor aquícola torne-se mais sustentável economicamente e ambientalmente, integrando a necessidade de desenvolvimento econômico, produção de proteína animal de boa qualidade e a manutenção de um ambiente equilibrado e sustentável.