

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
dissertação será disponibilizado /
somente a partir de 28/07/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Efeito do β -glucano nos estoques de lipídios
e enzimas metabólicas hepática em tilápias
do Nilo alimentadas com alto teor de
carboidratos**

Thaise Mota Satiro

Zootecnista

Jaboticabal, São Paulo

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Efeito do β -glucano nos estoques de lipídios
e enzimas metabólicas hepática em tilápias
do Nilo alimentada com alto carboidrato**

Thaise Mota Satiro

Orientador: Dr. Leonardo Susumu Takahashi

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Aquicultura do Centro de
Aquicultura da UNESP -
CAUNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Mestre.

Jaboticabal, São Paulo

2021

S253 Satiro, Thaise Mota
Efeito do β -glucano nos estoques de lipídios e enzimas metabólicas hepática em tilápias do Nilo alimentada com alto carboidrato / Thaise Mota Satiro. – – Jaboticabal, 2021
x, 54 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2021
Orientador: Leonardo Susumu Takahashi
Banca examinadora: Cristiéle da Silva Ribeiro, Fábio Sabbadin Zanuzzo
Bibliografia

1. Amido. 2. Lipogênese. 3. Metabolismo intermediário. 4. Nutrição. 5. *Oreochromis niloticus*. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043

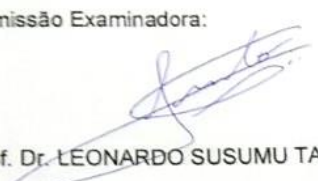
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Efeito do β -glucano no metabolismo de tilápia do Nilo alimentada com diferentes teores de carboidratos

AUTORA: THAISE MOTA SÁTIRO

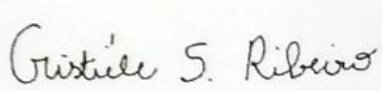
ORIENTADOR: LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, pela
Comissão Examinadora:

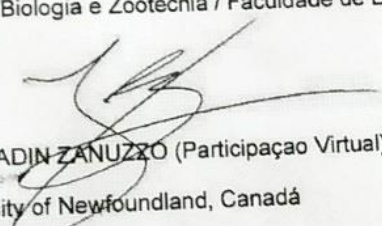


Prof. Dr. LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI (Participação Virtual)

Departamento de Produção Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena –
UNESP


Profa. Dra. CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO (Participação Virtual)

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP



Dr. FÁBIO SABBADIN ZANUZZO (Participação Virtual)

Memorial University of Newfoundland, Canadá

Jaboticabal, 28 de julho de 2021

Centro de Aquicultura da Unesp
Coordenação do Programa de Pós-Graduação
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 Jaboticabal SP Brasil
Tel 55 16 32032110 ramal 214 fax 55 16 32032268
pgaqui@caunesp.unesp.br www.caunesp.unesp.br

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THAISE MOTA SÁTIRO – nasceu em Petrópolis, Rio de Janeiro, no dia 18 de dezembro de 1994. Filha de Zely de Oliveira Mota Satiro e José Carlos Sátiro. Em 2014, ingressou no curso de Zootecnia do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, campus Rio Pomba, MG, realizando cursos, monitorias, estágios, iniciações científicas e trabalho de conclusão de curso na área de piscicultura. Em fevereiro de 2019, graduou-se em Zootecnia. Em março de 2019, ingressou no curso de Mestrado em Aquicultura no Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - CAUNESP, Jaboticabal, São Paulo, sob orientação do Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi, com bolsa financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), submetendo sua dissertação à banca examinadora em julho de 2021.

"Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende."

Leonardo Da Vinci

Dedico,

*este trabalho primeiramente à Deus e
aos meus queridos pais por terem
suportado a distância vivida, mas com
paciência e perseverança muito se
alcança.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela saúde e força concedida para superar os empecilhos que surgem na caminhada da vida, a alcançar meus objetivos, e guiar-me nas escolhas feitas até hoje, tenho certeza que nada é por acaso, e que se estou hoje onde estou também é obra de Deus.

Novamente se encerra um ciclo, não foi fácil, mas lido como um profundo desafio, que com toda certeza contribuiu demasiadamente para meu amadurecimento, evolução pessoal, profissional e pelo que me tornei. A experiência adquirida nesses dois anos de mestrado contribuirá para me tornar ainda mais competente na profissão que escolhi atuar.

A presente dissertação é fruto de muito esforço e dedicação não somente individual, mas de um grupo de pessoas que colaboraram para esse projeto acontecer.

Aos meus pais, José Carlos e Zely Mota, minha gratidão! Eles que não tiveram a oportunidade de estudar, tendo como formação somente o ensino fundamental sempre trabalharam com muito esforço para proporcionar uma boa educação e oferecer o melhor para mim e meu irmão. Sou grata pelo amor incondicional, sacrifício em prol da minha educação e pela confiança depositada. E a todos os meus familiares que apesar da distância estavam permanentemente presentes por meio de mensagens carinhosas.

Agradeço especialmente ao técnico do Laboratório de Tilapicultura Luiz Fernando, pelos incentivos, parceria e ajuda no dia-a-dia, com certeza foi primordial para superação das dificuldades ao decorrer do mestrado. Aos técnicos Valdecir e Marcio por tanta disponibilidade em auxiliar não só a mim, mas a todos do Caunesp.

A nossa equipe de trabalho do Laboratório de Tilapicultura do Centro de Aquicultura da Unesp - CAUNESP, pelo apoio nas coletas de dados e auxílios durante esses dois anos de mestrado. Em especial a Pietra, que executamos juntas todas as atividades relacionadas ao projeto.

Aos amigos que tive o prazer de conhecer em Jaboticabal - SP, meu muito obrigado pelos momentos compartilhados e por tornarem os meus dias mais felizes e descontraídos, pelos consolos e por estarem sempre por perto nos

momentos que eu mais precisava, especialmente a Kamila Meneses, Thayse Michielin, Amanda Myiuki, Aline Reis, Marcio Kishimoto, Carol Vasconcelos e Bernardo Ramos

Quero também agradecer de forma especial a Gabriela Carli, que desde o início nessa caminhada estávamos trabalhando junto para execução dos nossos trabalhos, passamos pelas mesmas dificuldades, mas uma levantando a outra sempre, obrigado por todos os incentivos, parceria e amizade.

Não poderia também deixar de agradecer ao meu orientador prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi por contribuir na minha formação acadêmica, profissional e confiança depositada. Obrigado por todo o suporte, entendimentos e amizade.

Ao Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista por me proporcionar toda estrutura necessária para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Deixo também meu agradecimento a empresa parceira Biorigin por acreditar no potencial do projeto e doação do produto β -glucano Macrogard®.

A parceria do prof. Dr. João Paulo da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, pela paciência e pela colaboração nas análises histomorfológicas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa de mestrado concedida.

Por fim deixo meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma colaboraram para concretizar esse objetivo em minha vida.

"Ó senhor Deus, eu te agradeço de todo o coração; diante de todos os deuses eu canto hinos de louvor a ti" Salmo 138:1.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais.....	1
1.1 - Carboidratos na nutrição de peixes.....	2
1.2 - Glucanos	9
1.3 - Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>): aspectos gerais e os carboidratos em sua nutrição	11
2 - Objetivo	15
2.1 - Objetivo Geral.....	15
2.2 - Objetivos Específicos	15
3 - Referências	15
CAPITULO 2 - O β -glucano melhora o crescimento e reduz os distúrbios metabólicos em tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentada com alto carboidrato	25
RESUMO.....	25
CHAPTER 2 - β -glucan improves growth and reduces metabolic disorders in Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) fed with high carbohydrate	26
ABSTRACT	26
1 - Introdução	27
2 - Material e métodos.....	28
2.1 - Dietas, animais e condições experimentais.....	28
2.2 - Desempenho de crescimento	32
2.3 - Metabolitos sanguíneos.....	32
2.4 - Reservas energéticas teciduais.....	33
2.5 - Atividade hepática de enzimas-chave das vias metabólicas	33
2.6 - Análise estatística.....	34
3 - Resultados	34
3.1 - Desempenho de crescimento	34
3.2 - Metabolitos sanguíneos.....	36
3.3 Reservas energéticas teciduais	38
3.4 - Atividade hepática de enzimas-chave das vias metabólicas	40
4 - Discussão.....	42
5 - CONCLUSÃO	47

6 - REFERÊNCIAS.....	48
----------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação e composição analisada das dietas experimentais.	30
Tabela 2 - Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo após 77 dias de alimentação com diferentes níveis de glucano (β G) e carboidratos (CHO) na dieta.	35
Tabela 3 - Metabolitos sanguíneos de juvenis de tilápia do Nilo após 77 dias de alimentação com diferentes níveis de glucano (β G) / carboidratos (CHO) na dieta.	36
Tabela 4 - Índice somático e reservas energéticas teciduais de juvenis de tilápia do Nilo após 77 dias de alimentação com diferentes níveis de glucano (β G) / carboidratos (CHO) na dieta.....	38
Tabela 5 - Atividades de enzimas glicolíticas e lipogênicas no fígado de juvenis de tilápia do Nilo após 77 dias de alimentação com diferentes níveis de glucano (β G) / carboidrato (CHO) na dieta.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema simplificado do metabolismo de carboidratos.	4
Figura 2 - Representação da via da glicólise e Lipogênese (Fonte: Glicólise e lipogênese (Adaptado de DENTIN; GIRARD; POSTIC, 2005).	5
Figura 3 - Interação entre os fatores biológicos, ambientais e nutricionais na utilização de carboidratos em dieta de peixes (Adaptado de KAMALAM; MEDALE; PANSERAT, 2017).	7
Figura 4 - Resumo das características biológicas na utilização de carboidratos em tilápia do Nilo.	14
Figura 5. Efeito da interação entre glucano e carboidratos da dieta para desempenho de crescimento de juvenis de tilápia do Nilo. Médias de 4 repetições (n=4). a, b, c: Indicam médias estatisticamente diferentes entre os níveis de glucano pelo teste Tukey ($P < 0,05$). x, y: Indicam médias estatisticamente diferente entre os níveis de carboidratos pelo teste Tukey ($P < 0,05$). PF, peso final (A); GP, ganho de peso (B); CRT, consumo total de ração (C); CAA, conversão alimentar aparente (D).....	36
Figura 6. Efeito da interação entre glucano e carboidratos da dieta para triglicerídeos séricos de juvenis de tilápia do Nilo. Médias de 4 repetições (n=4). a, b, c: Indicam médias estatisticamente diferentes entre os níveis de glucano pelo teste Tukey ($P < 0,05$). x,y: Indicam médias estatisticamente diferente entre os níveis de carboidratos pelo teste Tukey ($P < 0,05$).	37
Figura 7. Efeito da interação entre glucano e carboidratos da dieta para índice hepatossomático, lipídio hepático e lipídio muscular de juvenis de tilápia do Nilo. Médias de 4 repetições (n=4). a, b, c: Indicam médias estatisticamente diferentes entre os níveis de glucano pelo teste Tukey ($P < 0,05$). x,y: Indicam médias estatisticamente diferente entre os níveis de carboidratos pelo teste Tukey ($P < 0,05$).	39
Figura 8. Efeito da interação entre glucano e carboidratos da dieta para enzimas hepáticas da glicólise de juvenis de tilápia do Nilo. Médias de 4 repetições (n=4). a, b, c: Indicam médias estatisticamente diferentes entre os níveis de glucano pelo teste Tukey ($P < 0,05$). x,y: Indicam médias estatisticamente diferente entre os níveis de carboidratos pelo teste Tukey ($P < 0,05$). GK, glicoquinase (A); HK, hexoquinase (B); PK, piruvato quinase (C).	41
Figura 9. Efeito da interação entre glucano e carboidratos da dieta para enzimas hepáticas da lipogênese de juvenis de tilápia do Nilo. Médias de 4 repetições (n=4). a, b, c: Indicam médias estatisticamente diferentes entre os níveis de glucano pelo teste Tukey ($P < 0,05$). x,y: Indicam médias estatisticamente diferente entre os níveis de carboidratos pelo teste Tukey ($P < 0,05$): G6PDH, glicose-6-fosfato desidrogenase (A); EM, enzima málica (B).	41

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



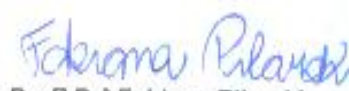
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**Efeito do β -glucano no acúmulo de lipídio corporal em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com baixo e alto teor de carboidratos**", protocolo nº 3554/20, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6 899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 23 de junho de 2020

Vigência do Projeto	20/07/2020 a 20/12/2021
Espécie / Linhagem	Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis Niloticus</i>)
Nº de animais	384
Peso / Idade	20g / 90 dias
Sexo	Macho
Origem	Laboratório de Tilapicultura do Centro de Aquicultura da Unesp

Jaboticabal, 23 de junho de 2020.


Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

O β -glucano melhora o crescimento e reduz os distúrbios metabólicos em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com alto carboidrato

RESUMO - O objetivo deste estudo foi investigar se o β -glucano apresentaria a capacidade de atuar no crescimento e na redução dos distúrbios metabólicos em tilápia do Nilo alimentada com alto carboidrato. 300 juvenis de tilápia do Nilo ($25,39 \pm 0,83$ g) foram alimentados com dietas isoproteicas (28% PD) e isoenergéticas ($3130 \text{ kcal kg}^{-1}$) contendo dois níveis de carboidratos (CHO-L 270 e CHO-H 620 g kg^{-1}) e quatro níveis de β -glucano (β G, 0, 1, 3 e 6 g kg^{-1}). Peixes alimentados com CHO-H apresentaram melhor desempenho de crescimento em relação ao CHO-L, sugerindo que as tilápias estavam utilizando o amido para energia e a proteína para crescimento, por outro lado apresentaram maior ingestão da dieta e pior conversão alimentar. Quando houve a inclusão do β G o desempenho dos peixes alimentados com ambos CHOs se potencializou. Os juvenis de tilápia que receberam a dieta CHO-H apresentando maiores concentrações de triglicerídeos, glicogênio hepático, lipídio hepático e muscular, além de apresentarem maior atividade das enzimas glicose-6-fosfato desidrogenase e enzima málica em relação a dietas CHO-L, indicando que a tilápia direciona os carboidratos para a lipogênese e consegue regular os índices glicêmicos. Contudo, o β G foi capaz de atuar na redução dos níveis de triglicerídeos, índice hepatossômico, lipídio muscular, enzimas glicolíticas (hexoquinase e piruvato quinase) e enzimas lipogênicas (glicose-6-fosfato desidrogenase e enzima málica). Em suma, os resultados mostram que é possível obter um bom crescimento de peixes alimentados com elevado carboidrato. E que o β -glucano se mostrou capaz de proporcionar maior eficiência na utilização das dietas intensificando o crescimento dos peixes e reduzindo as atividades lipogênicas, resultando em menores distúrbios metabólicos causados pelo alto teor de carboidrato da dieta.

Palavras-chave: amido, lipogênese, metabolismo intermediário, nutrição, *Oreochromis niloticus*.

**β -glucan improves growth and reduces metabolic disorders in Nile tilapia
(*Oreochromis niloticus*) fed with high carbohydrate**

ABSTRACT - The aim of this study was to investigate whether β -glucan could act on the growth and reduction of metabolic disorders in Nile tilapia fed with high carbohydrate. 300 Nile tilapia juveniles (25.39 ± 0.83 g) were fed isoprotein (28% PD) and isoenergetic (3130 kcal kg⁻¹) diets containing two levels of carbohydrates (CHO-L 270 and CHO-H 620 g kg⁻¹) and four levels of β -glucan (β G, 0, 1, 3 and 6 g kg⁻¹). Fish fed with CHO-H showed better growth performance compared to CHO-L, suggesting that tilapia were using starch for energy and protein for growth, on the other hand they had higher dietary intake and worse feed conversion. When there was the inclusion of β G, the performance of fish fed with both CHOs was enhanced. Tilapia juveniles that received the CHO-H diet showed higher concentrations of triglycerides, liver glycogen, liver and muscle lipids, in addition to showing higher activity of the enzymes glucose-6-phosphate dehydrogenase and malic enzyme in relation to CHO-L diets, indicating that tilapia directs carbohydrates to lipogenesis and manages to regulate glycemic indices. However, β G was able to act in the reduction of triglyceride levels, hepatosomatic index, muscle lipid, glycolytic enzymes (hexokinase and pyruvate kinase) and lipogenic enzymes (glucose-6-phosphate dehydrogenase and malic enzyme). In summary, the results show that it is possible to obtain good growth from fish fed with high carbohydrates. And that β -glucan was able to provide greater efficiency in the use of diets, intensifying fish growth and reducing lipogenic activities, resulting in less metabolic disturbances caused by the high carbohydrate content in the diet.

Keywords: starch, lipogenesis, intermediary metabolism, nutrition, *Oreochromis niloticus*.

CAPÍTULO 1 - Considerações Gerais

A aquicultura é a produção animal que mais cresce no Brasil e que possui papel fundamental no suprimento das necessidades alimentares atuais e futuras do mundo (BERNATCHEZ et al., 2017), sendo importante fonte de proteínas, lipídios e micronutrientes essenciais à saúde humana (CARBONE; FAGGIO, 2016). Nesse sentido, Haygood e Jha (2018) relataram que a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies mais difundidas, sendo esperado uma produção de cerca de 62% da produção total da aquicultura mundial em 2030 para atender à crescente demanda por peixe pela população humana. Embora a tilápia tenha um pacote tecnológico bem desenvolvido, ainda são necessárias pesquisas em diversas áreas para aumentar sua produtividade com baixos custos de produção, contribuindo para alcançar a estabilidade ou redução dos preços, expandindo assim o mercado global da espécie (BOONANUNTANASARN et al., 2018a).

A alimentação de peixes em sistemas intensivos de produção é feita exclusivamente com rações, podendo representar até 70% dos custos totais de produção (BOLIVAR et al., 2010), sendo os ingredientes proteicos o componente mais oneroso. A partir disso, afim de reduzir os níveis de proteína, a utilização de ingredientes energéticos não proteicos, como os carboidratos, se torna uma alternativa interessante por serem considerados fontes mais baratas de energia, além da tilápia do Nilo utiliza-la eficientemente como principal fonte de energia (KAMALAM; MEDALE; PANSEERAT, 2017). Quando a taxa de conversão de proteínas em energia diminui, a proteína da dieta pode ser usada para o crescimento e a formação de tecidos, em um processo conhecido como efeito poupador de proteína (HEMRE; MOMMSEN; KROGDAHL, 2002).

Contudo, a ingestão excessiva de carboidratos pode acarretar no acúmulo de gordura hepática e corporal em peixes, acompanhada por crescimento deficiente, baixa sobrevivência e menor resistência a patógenos (LI et al., 2016; TIAN et al., 2012; ZAMORA-SILLERO et al., 2013). O excesso de gordura não é uma característica desejável, sendo importante manter níveis que não afetem as propriedades organolépticas da carne e o rendimento de filé, e consequentemente não comprometam o valor comercial do peixe (MEURER et al., 2002).

O acúmulo de lipídios hepáticos é um processo complexo, que envolve transporte de lipídios, captação, síntese e catabolismo (SHEARER et al., 2012), assim, qualquer desequilíbrio que ocorra em relação aos níveis de carboidratos e lipídios na dieta, e suas proporções, podem ter efeito direto nas vias metabólicas (XIE et al., 2017), representando perdas econômicas significativas na aquicultura.

Alguns estudos encontraram uma associação entre altos níveis de carboidratos na dieta e aumento na expressão ou atividades de algumas enzimas relacionadas a lipogênese em peixes (CASTRO et al., 2016; DIAS et al., 2004; VIEGAS et al., 2016). A crescente incidência de doença hepática gordurosa em criação de peixes despertou investigações sobre os mecanismos subjacentes da doença e sobre os possíveis meios para solucionar esse problema (HUANG et al., 2018).

Nessa tentativa, propomos o uso de um dos principais aditivos utilizados na aquicultura e que possui efeito prebiótico e imunomodulador, o β -glucano. Este é um polissacarídeo obtido através da parede celular de levedura, fungos, algas e alguns cereais, que se diferenciam pelo tipo de ligação entre as unidades de glicose da cadeia principal e pelas ramificações que se aderem a essa cadeia (MAGNANI; CASTRO-GOMEZ, 2008). Os efeitos benéficos da dieta com prebióticos na saúde hepática e obesidade foram demonstrados em humanos (PARNELL et al., 2012; KONDEPUDI et al., 2015) e em peixe (*Micropterus salmoides*) (YU et al., 2019).

Os resultados utilizando o β -glucano demonstram que o seu uso atua de maneira positiva no crescimento (PILARSKI et al., 2017; DO HUU; SANG; THUY, 2016; SELIM; REDA, 2015), resistência à patógenos e sobrevivência (AMPHAN et al., 2019; SANG; FOTEDAR, 2010) em várias espécies de peixes. Entretanto, informações sobre seus efeitos para regulação do metabolismo de carboidratos e lipídios em peixes é atualmente desconhecido. Portanto, considerando o seu efeito potencial é necessário explorar melhor seu papel metabólico na redução de lipogênese e outros fatores subjacentes em peixes cultivados.

3 - Referências

AMPHAN, S. et al. Feeding-regimen of β -glucan to enhance innate immunity and disease resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* Linn., against *Aeromonas hydrophila* and *Flavobacterium columnare*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 87, p. 120-128, 2019.

AZAZA, M. S. et al. Growth performance, oxidative stress indices and hepatic carbohydrate metabolic enzymes activities of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis*

niloticus L., in response to dietary starch to protein ratios. **Aquaculture research**, v. 46, n. 1, p. 14-27, 2015.

BERNATCHEZ, L. et al. Harnessing the power of genomics to secure the future of seafood. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 32, p. 665-680, 2017.

BOONANUNTANASARN, S. et al. Molecular responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates. **Aquaculture**, v. 482, p. 117-123, 2018a.

BOONANUNTANASARN, S. et al. Adaptation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates: New insights from a long term nutritional study. **Aquaculture**, v. 496, p. 58-65, 2018b.

BOLIVAR, Remedios B. et al. **Estratégias de redução da alimentação e alimentos alternativos para reduzir os custos de produção da cultura da tilápia**. Relatórios técnicos: Investigações 2007–2009, 2010.

BRITTO, A. C. P. et al. Rendimento corporal e composição química do filé da viola (*Loricariichthys anus*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, 2014.

CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2005.

CARBONE, D.; FAGGIO, C. Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 54, p. 172-178, 2016.

CASTRO, C. et al. Regulation of glucose and lipid metabolism by dietary carbohydrate levels and lipid sources in gilthead sea bream juveniles. **British Journal of Nutrition**, v. 116, p. 19-34, 2016.

CHEN, J. X. et al. Starch to protein ratios in practical diets for genetically improved farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Effects on growth, body composition, peripheral glucose metabolism and glucose tolerance. **Aquaculture**, v. 515, p. 734-738, 2020.

CHENG, Z. et al. Verification of protein sparing by feeding carbohydrate to common carp *Cyprinus carpio*. **Chinese journal of oceanology and limnology**, v. 35, p. 251-257, 2017.

CHOU, B. S.; SHIAU, S. Y. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. **Aquaculture**, v. 143, p. 185-195, 1996.

COLLIE, N. L.; FERRARIS, R. P. Nutrient fluxes and regulation in fish intestine. In: **Biochemistry and molecular biology of fishes**. Elsevier, 1995. p. 221-239.

CORRÊA, C. F. et al. Rendimento de carcaça, composição do filé e análise sensorial do robalo-peva de rio e de mar. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, p. 401-410, 2018.

CORREDOR-CASTILLO, A. S. **Efeito do β -glucano dietético na dinâmica metabólica, na resposta imunológica inata e no desempenho do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) após ciclos curtos de jejum e realimentação**. 2016. 70 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de aquicultura da Unesp, Jaboticabal, 2016.

COUTINHO, F. et al. Metabolic responses to dietary protein/carbohydrate ratios in zebra sea bream (*Diplodus cervinus*, Lowe 1838) juveniles. **Fish physiology and biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 343-352, 2016.

DAWOOD, M. A. O et al. The influence of dietary β -glucan on immune, transcriptomic, inflammatory and histopathology disorders caused by deltamethrin toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 98, p. 301-311, 2020.

DAWOOD, M. A. O et al. Synbiotic Effects of *Aspergillus oryzae* and β -Glucan on Growth and Oxidative and Immune Responses of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Probiotics and antimicrobial proteins**, p. 1-12, 2019.

DE ARAÚJO, T. V. et al. Effects of beta-glucans ingestion (*Saccharomyces cerevisiae*) on metabolism of rats receiving high-fat diet. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 101, p. 349-358, 2017.

DENG, D. F.; REFSTIE, S.; HUNG, S. S. O. Glycemic and glycosuric responses in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) after oral administration of simple and complex carbohydrates. **Aquaculture**, v. 199, p. 107-117, 2001.

Dentin, R.; Girard, J.; Postic, C. Carbohydrate responsive element binding protein (ChREBP) and sterol regulatory element binding protein-1c (SREBP-1c): two key regulators of glucose metabolism and lipid synthesis in liver. *Biochimie*, v.87, 81-86, 2005.

DIAS, J. et al. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth, lipid deposition and metabolic hepatic enzymes in juvenile Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup). **Aquaculture Research**, v. 35, p. 1122-1130, 2004.

DO HUU, H.; SANG, H. M.; THUY, N. T. T. Dietary β -glucan improved growth performance, *Vibrio* counts, haematological parameters and stress resistance of pompano fish, *Trachinotus ovatus* Linnaeus, 1758. **Fish & shellfish immunology**, v. 54, p. 402-410, 2016

EL KHOURY, D. et al. Beta glucan: health benefits in obesity and metabolic syndrome. **Journal of nutrition and metabolism**, v. 2012, 2011.

EL-SAYED, A. F. M. Intensive Culture. In: Abdel-Fattah M. El-Sayed (Ed.) **Tilapia Culture**, London, Cap.5, p.70-94. 2006.

ENES, P. et al. Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. **Fish physiology and biochemistry**, v. 35, p. 519-539, 2009.

ENES, P. et al. Growth performance and metabolic utilization of diets with native and waxy maize starch by gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. **Aquaculture**, v. 274, p. 101-108, 2008.

ENES, P. et al. Effect of normal and waxy maize starch on growth, food utilization and hepatic glucose metabolism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 143, p. 89-96, 2006.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. **Sustainability in Action** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2020.

FERNÁNDEZ, F. et al. Effects of diets with distinct protein-to-carbohydrate ratios on nutrient digestibility, growth performance, body composition and liver

intermediary enzyme activities in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fingerlings. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 343, p. 1-10, 2007.

FURUYA, W. M. Nutrição de tilápias no Brasil. **Varia Scientia Agrárias**, v. 3, p. 133-150, 2013.

FORTES, C. M. L. S.; ROSA, A. M. C. Processamento de Ração. In: CAMARGO, A. C. S.; NOGUEIRA, W. C. L.; TORRES, A. F. B.; ALMEIDA, A. C.; STEFANELLO, C. M. (Ed.). **Piscicultura**: aspectos relevantes. [S.l.: s.n.], 2016. cap. 7, p. 187- 198.

FURLANETO, F. de P. B. et al. Estudo da viabilidade econômica de projetos de implantação de piscicultura em viveiros escavados. **Informações Econômicas**, v. 2, p. 511, 2009.

GARCÍA-MEILÁN, I.; ORDÓÑEZ-GRANDE, B.; GALLARDO, M. A. Meal timing affects protein-sparing effect by carbohydrates in sea bream: Effects on digestive and absorptive processes. **Aquaculture**, v. 434, p. 121-128, 2014.

GOPALAKANNAN, A.; ARUL, V. Enhancement of the innate immune system and disease-resistant activity in *Cyprinus carpio* by oral administration of β -glucan and whole cell yeast. **Aquaculture research**, v. 41, p. 884-892, 2010.

GRIGORAKIS, K. Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: a review. **Aquaculture**, v. 272, p. 55-75, 2007.

GOUVEIA, A.; DAVIES, S. J. Modulation of the Post-Prandial Plasma Glucose Profile in Juvenile European Sea Bass *Dicentrarchus labrax* Fed Diets Varying in Starch Complexity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 35, p. 392-400, 2004.

GUYTON, A. C., HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 13. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

HANSEN, J. Ø. et al. Apparent digestion and apparent retention of lipid and fatty acids in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed increasing dietary lipid levels. **Aquaculture**, v. 284, p. 159-166, 2008.

HAYASHI, C. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 823-828, 2002.

HAYGOOD, A. M.; JHA, R. Strategies to modulate the intestinal microbiota of Tilapia (*Oreochromis* sp.) in aquaculture: a review. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, p. 320-333, 2018.

HEMRE, G.-I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture nutrition**, v. 8, n. 3, p. 175-194, 2002.

HOUGH, J. S. Biotecnología de la cerveza y de la malta. Editorial Acriba. **Zaragoza, España**, p. 1-45, 1990.

HUANG, L. et al. Ameliorative effect of *Sedum sarmentosum* Bunge extract on Tilapia fatty liver via the PPAR and P53 signaling pathway. **Scientific reports**, v. 8, p. 1-11, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, março 2020. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da pecuária municipal**, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2017_v45_br_informativo.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2020.

JUNIOR, A. C. F. et al. The effect of digestible protein to digestible energy ratio and choline supplementation on growth, hematological parameters, liver steatosis and size-sorting stress response in Nile tilapia under field condition. **Aquaculture**, v. 456, p. 83-93, 2016.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1298p.

LI, X. et al. Carbohydrate utilization by herbivorous and omnivorous freshwater fish species: a comparative study on gibel carp (*C. arassius auratus gibelio*. var CAS III) and grass carp (*C. tenopharyngodon idellus*). **Aquaculture research**, v. 47, p. 128-139, 2016.

MARANDEL, L. et al. New insights into the nutritional regulation of gluconeogenesis in carnivorous rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): a gene duplication trail. **Physiological genomics**, v. 47, p. 253-263, 2015.

MEENA, D. K. et al. Beta-glucan: an ideal immunostimulant in aquaculture (a review). **Fish physiology and biochemistry**, v. 39, p. 431-457, 2013.

MEURER, F. et al. Brown propolis extract in feed as a growth promoter of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 603-608, 2009.

MEURER, F. et al. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 566-573, 2002.

MORO, G. V.; RODRIGUES, A. P. O. Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Documents (INFOTECA-E)**, 2015. p.32.

KAMALAM, B. S.; MEDALE, F.; PANSEERAT, S. Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. **Aquaculture**, v. 467, p. 3-27, 2017.

KAMALAM, B. J.; PANSEERAT, S. Carbohydrates in fish nutrition. **International Aquafeed**, p. 20-23, 2016.

KATHANE, Y. M. et al. Protein sparing capability of carbohydrate in fringed-lipped carp *Labeo fimbriatus* (Bloch, 1795). **Cellulose**, v. 256, p. 239, 2017.

KAUSHIK, S. Carbohydrate nutrition: importance and limits of carbohydrate supplies. In: **Nutrition and feeding of fish and crustaceans**. Praxis Publishing Ltd. Chichester, 2001. p. 131-144.

KEDIA, G.; VÁZQUEZ, J. A.; PANDIELLA, S. S. Evaluation of the fermentability of oat fractions obtained by debranning using lactic acid bacteria. **Journal of applied microbiology**, v. 105, p. 1227-1237, 2008.

KONDEPUDI, K. K. et al. Role of Probiotics and Prebiotics in the Management of Obesity, in Khardori, N (Eds), Food Microbiology: In Human Health and Disease. CRC Press, Boca Raton, p. 157-186, 2016.

LI, X. et al. Carbohydrate utilization by herbivorous and omnivorous freshwater fish species: a comparative study on gibel carp (*C. arassius auratus gibelio*. var CAS III) and grass carp (*C. tenopharyngodon idellus*). **Aquaculture Research**, v. 47, n. 1, p. 128-139, 2016.

LI, Y. et al. Protein: energy ratio in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture international**, v. 21, p. 1109-1119, 2013.

LIN, J.-H.; SHIAU, S.-Y. Hepatic enzyme adaptation to different dietary carbohydrates in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 14, p. 165-170, 1995.

LIKIMANI, T. A.; WILSON, R. P. Effects of Diet on Lipogenic Enzyme Activities in Channel Catfish Hepatic and Adipose Tissue. **The Journal of nutrition**, v. 112, p. 112-117, 1982.

LU, S. et al. Effects of dietary carbohydrate sources on growth, digestive enzyme activity, gene expression of hepatic GLUTs and key enzymes involved in glycolysis-gluconeogenesis of giant grouper *Epinephelus lanceolatus* larvae. **Aquaculture**, v. 484, p. 343-350, 2018.

MAGNANI, M.; CASTRO-GÓMEZ, R. J. H. B-glucana de *Saccharomyces cerevisiae*: constituição, bioatividade e obtenção. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, p. 631-649, 2008.

MOREIRA, I. S. et al. Temperature and dietary carbohydrate level effects on performance and metabolic utilisation of diets in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, v. 274, p. 153-160, 2008.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de Bioquímica de Lehninger, 5ª edição. **São Paulo: Editora Artmed**, v. 6, 2011.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Lehninger-Princípios da Bioquímica. 3ª. **Edição, Sarvier, SP**, 2002.

NRC, Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, DC: National Academy Press, 2011.

OVIE, S. O.; SADIKU, S. O. E.; OVIE, S. I. Protein-sparing activity of lipid and carbohydrate in the Giant African Mudfish, *H. longifilis* diets. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 9, n. 3, p. 108-112, 2005.

PANSERAT, S. et al. Metformin improves postprandial glucose homeostasis in rainbow trout fed dietary carbohydrates: a link with the induction of hepatic lipogenic capacities? **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 297, p. R707-R715, 2009.

PANSERAT, S. et al. Lack of significant long-term effect of dietary carbohydrates on hepatic glucose-6-phosphatase expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 11, p. 22-29, 2000.

PANSERAT, S. et al. Hepatic glucokinase is induced by dietary carbohydrates in rainbow trout, gilthead seabream, and common carp. **American Journal of**

Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, v. 278, p. R1164-R1170, 2000.

PARNELL, J. A.; REIMER, R. A. Prebiotic fibres dose-dependently increase satiety hormones and alter Bacteroidetes and Firmicutes in lean and obese JCR: LA-cp rats. **British Journal of Nutrition**, v. 107, p. 601-613, 2012.

PAULSEN, S. M.; ENGSTAD, R. E.; ROBERTSEN, B. Enhanced lysozyme production in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) macrophages treated with yeast β -glucan and bacterial lipopolysaccharide. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 11, p. 23-37, 2001.

PEIXE BR - Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PeixeBR da Piscicultura 2019**. Ed. Texto Comunicação Corporativa, São Paulo. 2019.

PEREIRA, M. de M. et al. Growth performance and metabolic responses to dietary protein/carbohydrate ratios in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles. **Aquaculture Research**, v. 51, p. 5203-5211, 2020.

PILARSKI, F. et al. Different β -glucans improve the growth performance and bacterial resistance in Nile tilapia. **Fish & shellfish immunology**, v. 70, p. 25-29, 2017.

PILKIS, S. J.; CLAUS, T. H. Hepatic gluconeogenesis/glycolysis: regulation and structure/function relationships of substrate cycle enzymes. **Annual review of nutrition**, v. 11, p. 465-515, 1991.

POLAKOF, S. et al. Glucose metabolism in fish: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 182, p. 1015-1045, 2012.

PRATT, C. W., VOET, J. G., VOET, D. **Fundamentos de bioquímica: A Vida em Nível Molecular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

RAHMAN, M. L. et al. Protein-Sparing Ability of Carbohydrates from Different Sources in Diets for Fry of Stinging Catfish *Heteropneustes fossilis*. **Sains Malaysiana**, v. 46, p. 239-244, 2017.

RASOOL, I. et al. Evaluation of dietary protein to carbohydrate ratio on the growth, conversion efficiencies and body composition of Zebrafish. **Journal of entomology and Zoology study**, v. 6, p. 2254-2258, 2018.

ROBERTSEN, B. Modulation of the non-specific defence of fish by structurally conserved microbial polymers. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 9, p. 269-290, 1999.

ROBERTSEN, B. et al. Enhancement of non-specific disease resistance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., by a glucan from *Saccharomyces cerevisiae* cell walls. **Journal of fish diseases**, v. 13, p. 391-400, 1990.

RUST, M. B. Fisiologia nutricional. In: *Fish Nutrition* (JE Halver & RW Hardy eds.), 3ª edn. p. 393 - 412. Academic Press, Califórnia, 2002

SANG, H. M.; FOTEDAR, R. Effects of dietary β -1, 3-glucan on the growth, survival, physiological and immune response of marron, *Cherax tenuimanus* (smith, 1912). **Fish & shellfish immunology**, v. 28, p. 957-960, 2010.

SECOMBES, C. J.; FLETCHER, T. C. The role of phagocytes in the protective mechanisms of fish. **Annual Review of Fish Diseases**, v. 2, p. 53-71, 1992.

SELIM, K. M.; REDA, R. M. Beta-glucans and mannan oligosaccharides enhance growth and immunity in Nile tilapia. **North American Journal of Aquaculture**, v. 77, p. 22-30, 2015.

SHEARER, G. C.; SAVINOVA, O. V.; HARRIS, W. S. Fish oil—how does it reduce plasma triglycerides?. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids**, v. 1821, p. 843-851, 2012.

SHIMENO, S. et al. Adaptation of hepatopancreatic enzymes to dietary carbohydrate in carp [*Cyprinus carpio*]. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, 1981.

SILVA, C. C. da. **Avaliação do uso de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) inativas e hidrolizadas nas dietas iniciais de leitões**. 2009. 111 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2009.

SIMÕES, M. R. et al. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 608-613, 2007.

STONE, D. A. J. Dietary carbohydrate utilization by fish. **Reviews in Fisheries Science**, v. 11, p. 337-369, 2003.

SULAIMAN, M. A. et al. Effects of increasing dietary carbohydrate level on feed utilisation, body composition, liver glycogen, and intestinal short chain fatty acids of hybrid lemon fin barb (*Barbonymus gonionotus*♀ X *Hypsibarbus wetmorei* male♂). **Aquaculture Reports**, v. 16, p. 100250, 2020.

TAKAHASHI, L. S. et al. Carbohydrate tolerance in the fruit-eating fish *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture Research**, v. 49, p. 1182-1188, 2018.

TENGJAROENKUL, B. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v. 182, p. 317-327, 2000.

TIAN, J. et al. Changes in the activities and mRNA expression levels of lipoprotein lipase (LPL), hormone-sensitive lipase (HSL) and fatty acid synthetase (FAS) of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during fasting and re-feeding. **Aquaculture**, v. 400, p. 29-35, 2013.

TIAN, L. X. et al. Effects of different dietary wheat starch levels on growth, feed efficiency and digestibility in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture international**, v. 20, p. 283-293, 2012.

THOMPSON, K. D. Immunology: improvement of Innate and Adaptive Immunity. In: **Fish Diseases**. Academic Press, 2017. p. 1-17.

TURRA, E. M. et al. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 34, p. 29-36, 2010.

VIEGAS, I. et al. Effects of dietary carbohydrate on hepatic de novo lipogenesis in European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Journal of lipid research**, v. 57, p. 1264-1272, 2016.

- WANG, M.; LU, M. Tilapia polyculture: a global review. **Aquaculture research**, v. 47, p. 2363-2374, 2016.
- WANG, X. X. et al. Growth and metabolic responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) subjected to varied starch and protein levels of diets. **Italian Journal of Animal Science**, v. 16, p. 308-316, 2017.
- WASZKIEWICZ-ROBAK, B.; BARTNIKOWSKA E. Effects of spent brewer's yeast and biological β -glucans on selected parameters of lipid metabolism in blood and liver in rats. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 18, 2009.
- WELKER, T. L. et al. Use of diet crossover to determine the effects of β -glucan supplementation on immunity and growth of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 43, p. 335-348, 2012.
- WILSON, R. P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, v. 124, p. 67-80, 1994.
- WILSON, R. P.; POE, W. E. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono-and disaccharides as energy sources. **The Journal of nutrition**, v. 117, p. 280-285, 1987.
- WHITTINGTON, R.; LIM, C.; KLESIOUS, P. H. Effect of dietary β -glucan levels on the growth response and efficacy of *Streptococcus iniae* vaccine in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 248, p. 217-225, 2005.
- YEO, M. G. et al. Effect of dietary gelatinized starch on growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Internacional Journal of Food Science and Nutrition**, v. 2, p. 125-9, 2017.
- XIE, D. et al. Effects of dietary carbohydrate and lipid levels on growth and hepatic lipid deposition of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 479, p. 696-703, 2017.
- ZAMORA-SILLERO, J. et al. Effect of dietary dextrin levels on the growth performance, blood chemistry, body composition, hepatic triglycerides and glycogen of Lebranche mullet juveniles (*Mugil liza* Valenciennes 1836, Mugilidae). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 29, p. 1342-1347, 2013.
- ZENG, L. et al. Protein-sparing effect of carbohydrate in diets for juvenile turbot *Scophthalmus maximus* reared at different salinities. **Chinese journal of oceanology and limnology**, v. 33, p. 57-69, 2015.
- ZHANG, H. et al. Forskolin reduces fat accumulation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) through stimulating lipolysis and beta-oxidation. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 230, p. 7-15, 2019.
- ZHANG, H. et al. Diacylglycerol oil reduces fat accumulation and increases protein content by inducing lipid catabolism and protein metabolism in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 510, p. 90-99, 2019b.
- ZHOU, C. P. et al. Effect of high dietary carbohydrate on the growth performance and physiological responses of juvenile wuchang bream, *Megalobrama amblycephala*. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 26, p. 1598, 2013.

ZHU, H. et al. Effect of yeast polysaccharide on some hematologic parameter and gut morphology in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Fish physiology and biochemistry**, v. 38, p. 1441-1447, 2012.

YARNPAKDEE, S. et al. Chemical compositions and muddy flavour/odour of protein hydrolysate from Nile tilapia and broadhead catfish mince and protein isolate. **Food chemistry**, v. 142, p. 210-216, 2014.

YU, H. H. et al. Dietary supplementation of Grobiotic®-A increases short-term inflammatory responses and improves long-term growth performance and liver health in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). **Aquaculture**, v. 500, p. 327-337, 2019.