



<http://dx.doi.org/>

<http://www.nutricaoanimal.ufc.br>

Artigo Científico

Medicina Veterinária

Ração comercial recoberta com biopolímero e seu efeito na nutrição de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

*Commercial feed coated with biopolymer and its effect on the nutrition of juveniles from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)*

Bruno Torquato Moreira¹, Cristian Berto da Silveira², Aline Fernandes de Oliveira³, Jefferson Luís Meirelles Coimbra⁴, Giovanni Lemos de Mello⁵

Resumo: O desenvolvimento de um empreendimento aquícola está associado a diversas etapas, as quais destacam-se a definição do local, a disponibilidade de água para o abastecimento e a definição da espécie a ser cultivada. Dentro dessa temática, o desenvolvimento rações devidamente balanceada, com aceitação por parte dos animais e que possua resistência aos processos lixiviatórios tem sido motivo de vários estudos. Neste sentido, o uso de aditivos, tais como carboidratos e proteínas, tem sido empregado nas formulações das rações com o objetivo de manter o agregado dos grânulos, aumentando, desta forma, a estabilidade das rações em meio aquoso e o tempo de captura por parte dos animais. Com base no exposto acima este trabalho teve como objetivo avaliar a efeito das rações comerciais recobertas com alginato de sódio, reticulado com cloreto de cálcio, na nutrição de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). No início do experimento observou-se uma dificuldade de adaptação na captura das rações por parte dos animais. Acredita-se que o diâmetro do grânulo recoberto, quando hidratado, influenciou nesse processo. A metodologia proposta pode ser uma alternativa para manter o agregado dos grânulos e abre a possibilidade do uso de vários aditivos junto ao recobrimento das rações comerciais.

Palavras-chave: Ração recoberta; Nutrição; Biopolímero; Lixiviação

Abstract: The development of an aquaculture enterprise is associated with several stages, which include the definition of the place, the availability of water for supply and the definition of the species to be cultivated. Within this theme, the development of properly balanced feeds, accepted by the animals and which has resistance to leaching processes has been the subject of several studies. In this sense, the use of additives, such as carbohydrates and proteins, has been used in feed formulations with the aim of maintaining the aggregate of granules, thus increasing the stability of the feed in aqueous medium and the capture time by of the animals. Based on the above, this study aimed to evaluate the effect of commercial feeds coated with sodium alginate, cross-linked with calcium chloride, on the nutrition of juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). At the beginning of the experiment, there was a difficulty in adapting the animals to capture the rations. It is believed that the diameter of the coated granule, when hydrated, influenced this process. The proposed methodology can be an alternative to maintain the aggregate of the granules and opens the possibility of the use of several additives together with the covering of the commercial rations.

Key-words: Fish feed; Biopolymer; Water quality.

<http://dx.doi.org/>

Recebido em 20.09.2008. Aceito em 30.12.2008

Autor para correspondência. E-mail: *cristian.silveira@udesc.br

¹ Engenheiro de Pesca – E.mail: brunotm.engpesca@gmail.com

² Professor Doutor da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. E.mail: cristian.silveira@udesc.br

³ Professora Doutora da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. E.mail: aline120380@gmail.com

⁴ Professor Doutor da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. E.mail: coimbrajeferson@gmail.com

⁵ Professor Doutor da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. E.mail: giovannidemello@gmail.com

Introdução

A nutrição de organismos aquáticos tem um papel extremamente relevante no desenvolvimento dos empreendimentos aquícolas (PAOLUCCI et al., 2012).

As rações encontradas no comércio são compostas, basicamente, por água e matéria seca. Sendo que os compostos inorgânicos (minerais) e os compostos orgânicos (carboidratos, lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e vitaminas) que constituem a matéria seca, são essenciais para a formulação de uma boa dieta alimentar (PAOLUCCI et al., 2012). Os animais cultivados, principalmente peixes e crustáceos, exigem uma dieta a base de proteína rica em aminoácidos que podem ser encontrados na farinha de peixe ou no farelo de soja (STOREBAKKEN, 1985; SINHA, et al., 2011; VOLPE et al., 2012, EMBRAPA, 2015).

No mercado são encontrados deferentes tipos de dietas para animais cultivados, desde micro dietas, que são rações com tamanho reduzido, utilizadas na alimentação de larvas, até as macros

dietas, as quais são utilizadas na nutrição de animais maiores, tais como juvenis e adultos. As rações também são diferenciadas pela estrutura, podendo ser classificadas em fareladas, em flocos e rações em grânulos, que podem ser extrusadas e ou peletizadas (EMBRAPA, 2015).

Um outro ponto a ser destacado na produção de alimentos para animais cultivados é a estabilidade das rações em água. Os processos de lixiviação degradam rapidamente a estrutura da ração, dificultando, em alguns casos, a captura por parte dos animais. Como consequência destes processos, tem-se um elevado desperdício de ração, a perda de nutrientes e o acúmulo de resíduo no fundo dos sistemas de cultivo, levando assim ao desequilíbrio dos parâmetros físico-químicos da água (BACCARIN et al., 2000; VOLPE et al., 2012).

Com o objetivo de melhorar a estabilidade dos grânulos, evitar a ação dos processos lixiviatórios, bem como, a perda de nutrientes em água, vários pesquisadores têm estudado o efeito da adição de biomoléculas, tais como como

carboidratos e proteínas, como agente aglutinante que são incorporados às rações para organismos aquáticos cultivados (STOREBAKKEN, 1987; VOLPE, et al., 2008; SIMON, 2009; PAOLUCCI et al., 2015; MOREIRA et al., 2020).

Dentre as biomoléculas incorporadas as rações, Doan et al. (2016) utilizaram o alginato de sódio de baixo peso molecular em dietas alimentares para tilápia, com o objetivo de avaliar o crescimento e resposta imune a doenças. Apesar do alginato de sódio ser utilizado nas rações para animais aquáticos com o intuito de auxiliar na manutenção dos agregados dos grânulos, este composto possui propriedades antibactericida, antitumoral, bem como propriedades antioxidantes.

Uma alternativa para evitar a solubilização do alginato de sódio em água e realizar o processo de reticulação do alginato, que pode ser promovido por meio da reação entre o biopolímero e cátions bivalentes e trivalentes (Oliveira et al., 2009).

Na Figura 1 (A) está representada a estrutura monomérica do alginato de sódio e na Figura 1 (B), a estrutura monomérica do alginato reticulado com cloreto de cálcio. Nesta reação tem-se a substituição dos íons (Na^+) por (Ca^{2+}), levando a formação de uma ligação cruzada, conferindo uma alteração na estrutura do biopolímero, bem como nas suas propriedades físico-químicas, tais como a solubilidade em água (OLIVEIRA et al., 2009; MOREIRA et al., 2020).

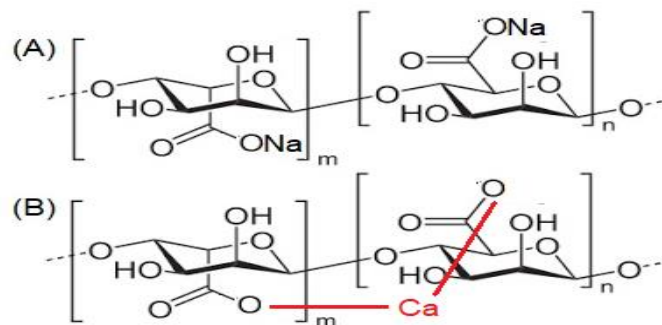


Figura 1. (A) Monômero de alginato de sódio e (B) monômero de alginato reticulado com cálcio.

Com base no exposto acima, visando diminuir os processos de lixiviação e a perda de nutriente, bem como aumentar o tempo de captura por parte dos animais cultivados este estudo

vem propor avaliar o uso de uma ração comercial, recoberta com o alginato de sódio e reticulada com cloreto de cálcio, na nutrição de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Materiais e Métodos

Os recobrimentos das rações comerciais com alginato de sódio foram conduzidos no Laboratório de Desenvolvimento de Materiais (LDM) e os experimentos de avaliação da aceitabilidade da ração recoberta por parte de animais cultivados foram realizados no Laboratório de Aquicultura (LAQ). Ambos os laboratórios pertencem a da UDESC de Laguna.

Neste trabalho foi utilizado como modelo biológico os juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Conforme descrito no trabalho de Moreira et al. (2020), foram recobertos com alginato de sódio grânulos de ração comercial para pescado adquirida no mercado local. A ração utilizada possuía tamanho de grânulo variando de 2,0 mm e 3,0 mm e 32% de proteína bruta (PB). Os valores referentes à composição da ração, descritos pelo fabricante, seguem: Sulfato de Ferro (mínimo 110 mg); Sulfato de Cobre (mínimo 20 mg); Óxido de Zinco (mínimo 100 mg) e Iodato de Cálcio (mínimo 10 mg).

A formação da suspensão biopolimérica ocorreu por meio da solubilização do alginato de sódio em água destilada (2,0% m/v), a qual foi submetida a homogeneização sob agitação magnética por 6 horas (OLIVEIRA et al., 2009; MOREIRA et al., 2020).

As rações comerciais foram imergidas na suspensão biopolimérica de alginato de sódio por 10 minutos e, finalizado este período, as rações recobertas com o biopolímero foram submetidas ao processo de reticulação, onde ficaram em contato com uma solução de cloreto de cálcio (CaCl₂ 5% m/v), por um período de 10 minutos. Ao final desse período as rações recobertas foram retiradas da solução de cloreto de cálcio, lavadas com água destilada e levadas para o processo de secagem a temperatura de 60°C por 24 h (MOREIRA, 2020).

Neste trabalho as rações comerciais sem recobrimento serão denominadas (SR), e as rações recobertas com o biopolímero (CR). Para avaliar a espessura do recobrimento biopolimérico sobre a ração comercial, foi realizado um corte na sessão transversal do grânulo, e o mesmo foi submetida a análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Para estas análises foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varredura de fabricação ZEISS, modelo EVO MA10.

Com o objetivo de avaliar a resistência dos grânulos das rações em água, foram montados seis recipientes contendo 100 mL de água destilada, onde em três conjuntos foram adicionados três pellets de ração comercial sem recobrimento (SR) e nos outros três conjuntos, três pellets de ração recoberta

(CR). Estas amostras ficaram em contato com a água, sem qualquer tipo de agitação, até a degradação dos primeiros pellets de um dos conjuntos (MOREIRA et al., 2020). No final desta etapa, as amostras foram filtradas em membrana e acetato de celulose 0,45 μm .

Para avaliar a aceitabilidade por parte dos animais cultivados foram utilizados dois sistemas de recirculação de água isolados. Estes sistemas eram constituídos por filtros mecânicos e biológicos, além de termostato-aquecedores de 300 W (Atman) para o controle de temperatura. A circulação de água foi viabilizada através de uma bomba submersa, com vazão de 4.000 L.h⁻¹ (Atman, PH 3500). Cada sistema foi composto por quatro tanques retangulares de 70 L, sendo quatro utilizado para os animais alimentados com as rações comerciais sem recobrimento (SR) e os outros quatro alimentados com a ração comercial recoberta (CR). Em cada tanque foram colocados dez exemplares de tilápia. O experimento teve uma duração de 28 dias com uma frequência diária de oferta de alimento de 2 vezes/dia (08:00 h e as 19:00 h), sendo aplicada uma taxa de 4% da biomassa dos peixes e ajustada semanalmente conforme desenvolvimento dos peixes (ganho de biomassa).

Foram determinados os valores de Taxa de Crescimento Específico: TCE =

$100 \times [(\ln \text{ peso final médio} - \ln \text{ peso inicial médio}) / \text{tempo}]$; Ganho de Peso: GP = peso final - peso inicial; e Conservação Alimentar: CA = consumo de ração/ganho de peso (OLIVEIRA et al., 2013).

Os dados coletados para todas as variáveis descritas acima foram submetidos à análise de variância utilizando o teste *F* com 5% de probabilidade de erro. Sendo que as hipóteses testadas foram $H_0: \mu_1 = \mu_2$ vs. $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$. Onde a μ_1 (média do tratamento com recobrimento) e μ_2 (média do tratamento sem recobrimento).

Resultados e Discussão

Conforme observado por Moreira et al. (2020) o processo de recobrimento foi eficiente e de rápida aplicação. Na Figura 2 está representada uma micrografia que corresponde a imagem da sessão transversal de um grânulo de ração recoberto com o alginato de sódio reticulado com cloreto de cálcio.

Avaliando a micrografia acima (Figura 2), confirma-se a formação da camada superficial sobre o grânulo de ração comercial de aproximadamente 40 μm .

Segundo Paolucci et al. (2012), agentes aglutinantes tais como proteínas e carboidratos podem contribuir na manutenção dos agregados que compõe a ração frente aos processos lixiviatórios (VOLPE et al., 2008; SINHA et al., 2011).

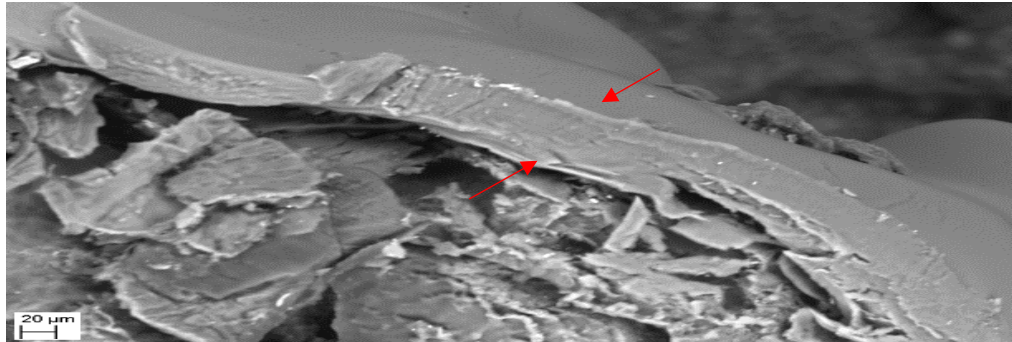


Figura 2. Micrografia da sessão transversal do grânulo de ração comercial recoberto (CR) com alginato de sódio reticulado com CaCl_2 , ampliada 518x.

Nos estudos realizados por Debeaufort et al. (2000), o controle da porcentagem de biopolímero empregada como agente aglutinante é extremamente importante, haja vista que concentrações muito elevadas deste produto podem interferir no processo de digestibilidade das rações, bem como na difusão dos óleos para água, os quais são os principais atrativos para os animais cultivados.

Segundo Moreira et al. (2020) a porcentagem de alginato de sódio utilizada no recobrimento dos grânulos foi de aproximadamente 5,73%, o que está de acordo com o encontrado na literatura, onde observa-se valores de agentes aglutinantes variando de 1% até mais de 20% da massa seca das rações (VOLPE et al., 2008). No desenvolvimento de dietas alimentares para juvenis de lagosta Simon

(2009) incorporou 17,5% de alginato a formulações das rações.

Os dois conjuntos contendo rações, sem recobrimento (SR) e com recobrimento (CR), contendo três grânulos cada um, ficaram em contato com 100 mL de água destilada por uma semana, foi quando ocorreu a lixiviação completa das rações sem recobrimento (SR), conforme pode ser observado na Figura 3.

Analisando a Figura 3(A) fica evidente o efeito dos processos lixiviatórios sobre as rações comerciais. A degradação dos grânulos compromete a captura por parte dos animais cultivados, bem como, pode levar ao desequilíbrio dos parâmetros físico-químicos da água, obrigando o produtor a realizar protocolos e manejos para evitar o comprometimento do sistema aquícola.



Figura 3. Resíduos dos grânulos de ração comercial sem recobrimento (A) e grânulos recoberto (B) que ficaram em contato com a água por uma semana.

Observando as imagens apresentadas na Figura 3 (B), referente aos grânulos de ração recobertos (CR), que ficaram em contato com a água por uma semana, verifica-se que o recobrimento foi extremamente eficiente na proteção das rações quanto aos processos lixiviatórios. Os três grânulos permaneceram indeformados para as triplicatas utilizadas nesta etapa do estudo. O filme biopolimérico formado sobre a superfície dos grânulos atua como uma barreira física contra a ação dos processos lixiviatórios, impedindo a sua degradação e aumentando a sua estabilidade em água. Resultados semelhantes foram observados por Sinha et al. (2011) e por Paolucci et al. (2012), que utilizaram o alginato de sódio como agente aglutinante direto nas formulações base de rações para animais aquáticos.

Conforme os resultados apresentados por Moreira et al. (2020), o efeito das rações comerciais recobertas com alginato de sódio e reticulado com cloreto de cálcio, apresentaram resultados positivos quando comparadas as rações comerciais sem recobrimento para os parâmetros físico-químicos de qualidade de água.

Uma etapa fundamental no processo de avaliação das rações recobertas com biopolímeros está relacionada ao desempenho zootécnico dos animais que receberão esta dieta alimentar. Desta forma, neste trabalho os juvenis de tilápia do Nilo foram utilizados como modelo biológico.

Os valores de peso e comprimento inicial, peso e comprimento final estão descritos na Tabela 1, assim como as

determinações da Taxa de Crescimento Específico (TCE), do Ganho de Peso (GP) e da Conservação Alimentar (CA), (OLIVEIRA et al., 2013). Conforme pode ser observado nesta tabela, para os dois tratamentos os animais não apresentaram diferença estatística para peso e comprimento inicial. Após os 28 dias de experimento os animais diferiram estatisticamente quanto ao peso final, sendo que os juvenis de tilápia alimentados com a ração (SR) apresentaram os maiores valores para esta

medida quando comparados aos alimentados com a ração (CR). Em relação ao comprimento final não foram observadas diferenças significativas. Os animais alimentados com a ração (SR) apresentaram os melhores valores para TCE e GP quando comparados com as mesmas variáveis para os juvenis alimentados com as rações (CR). Nos resultados obtidos para a taxa de conversão alimentar (CA) percebe-se uma maior conversão para as tilápias alimentadas com a ração (CR).

Tabela 1. Peso inicial, peso final, comprimento inicial, comprimento final, TCE, GP e CA para os juvenis de Tilápia do Nilo alimentados com rações SR e com ração CR nos 28 dias de experimento.

Trat.	P. Inicial (g)	P. Final (g)	C. Inicial (cm)	C. Final (cm)	TCE (%/dia)	GP (g)	CA
SR	4,90 ^{ns}	8,08*	6,45 ^{ns}	7,84 ^{ns}	1,78*	3,18*	1,78*
CR	4,73	7,17	6,44	7,62	1,49	2,44	2,14

(* = Significativo a 5% de probabilidade pelo teste *F*; ^{ns} = não significativo pelo teste *F*)

Durante os 28 dias de experimento houveram duas mortes, uma em cada tratamento, representando, desta forma 97,5 % de sobrevivência.

O melhor resultado observado para o tratamento SR pode ser justificado pela dificuldade inicial de adaptação dos juvenis de tilápia na captura dos grânulos das rações CR. Conforme pode ser

verificado na Figura 3, o recobrimento quando em contato com a água aumenta o diâmetro do grânulo devido a hidratação da camada biopolimérica, o que pode ter dificultado a captura por parte dos juvenis de tilápia no início do experimento.

Volpe et al. (2008), avaliaram o efeito do ganho de massa de rações contendo biopolímeros em água, bem

como, o aumento do diâmetro dos pellets. Estes autores perceberam que após oito horas de contato com a água a massa do pellet contendo alginato na sua composição passou de 10 g para 29,1 g e o seu diâmetro aumentou consideravelmente, atingindo no final do experimento 182,21 μm .

Um outro ponto a ser considerado é que o recobrimento pode estar servindo de barreira física, dificultando a difusão dos óleos para água, diminuindo assim a atração e a palatabilidade por parte dos animais cultivados (DEBEAUFORT et al., 2000).

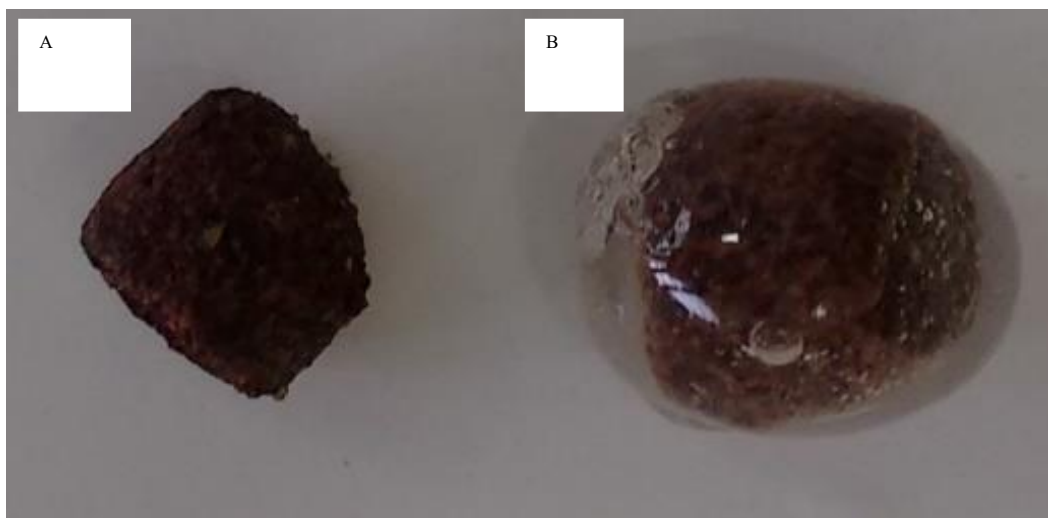


Figura 3. Ração comercial recoberta com alginato de sódio seca (A) e hidratada (B).

Storebakken (1985), avaliou o efeito da adição de alginato e goma guar na composição de rações aplicadas à nutrição de truta. Dentre os testes realizados destacam-se avaliação do crescimento, da digestibilidade e da passagem através do trato gastro-intestinal. Este autor enfatiza efeitos positivos da adição destes componentes nas rações tais como: uma melhora na consistência e uma redução no desperdício por lixiviação. Entretanto, alguns efeitos negativos também foram encontrados, e estes estão relacionados a

diminuição do teor de gordura e a redução na digestibilidade da proteína bruta.

É importante salientar que os animais avaliados neste experimento apresentaram uma dificuldade inicial na captura dos grânulos, porém, com o passar dos dias estes se adaptaram ao tipo de ração e a aceitabilidade foi semelhante à das rações sem recobrimento.

Conclusões

A metodologia empregada no recobrimento das rações comerciais utilizando alginato de sódio reticulado com

cloreto de cálcio mostrou-se eficiente e simples de ser aplicada. O efeito da blindagem sobre os grânulos foi extremamente positivo, mantendo o agregado por um longo intervalo de tempo, aumentando assim o tempo de captura para os animais cultivados.

Do ponto de vista nutricional as rações recobertas apresentaram resultados promissores, necessitando ajustar a sua aplicação à fase nutricional dos animais cultivados.

Para trabalhos futuros pretende-se acrescentar outros aditivos ao recobrimento e avaliar a atratabilidade e a digestibilidade, buscando melhorar ainda mais a aceitabilidade por parte dos animais cultivados, bem como o desempenho zootécnico.

Agradecimentos

- Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC;
- Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC.

Referências

BACCARIN, A.E.; SCORVO, C.M.D.F.; NOVATO, P.F.C. Níveis de Nitrogênio e Fósforo na água de tanques de cultivo de tilápia vermelha submetidas a diferentes manejos alimentares. **Acta Scientiarum**, v.22, n.2, p.485-489, maio. 2000.

DEBEAUFORT, F.; GALO, J.A.Q.; DELPORT, B.; VOILLEY, A. Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilayer edible films. **Journal of membrane Science**, v. 180, p.47-55, 2000.

DOAN, H.V.; TAPINGKAE, W.; MOONMANEE, T.; SEEPAI, A.; Effects of low molecular weight sodium alginate on growth performance, immunity, and disease resistance of tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 55, p.186-194, 2016.

MOREIRA, B.T.; SILVEIRA, C.B.; OLIVEIRA, A.F.; COIMBRA, J.L.M.; MELLO, G.L. Efeito da reticulação do alginato de sódio na produção de rações para pescado. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v.14, n.3, p.01-11, jul, 2020.

MORO, V.G; RODRIGUES, A,P,O. Rações para organismos aquáticos: tipos e forma de processamento. Documento 14. **EMBRAPA**, 2015. 36p.

OLIVEIRA, A.F.; SOLDI, V.; COELHO, C.M.M.; MIQUELOTO, A.; COIMBRA, J.L. M. Preparação, caracterização e propriedades de filmes poliméricos com potencial aplicação no recobrimento de sementes. **Química Nova**, v. 32, p.1845-1849, 2009.

OLIVEIRA, L.A.G.; ALMEIDA, A.M.; PANDOLFO, P.S.V.; SOUZA, R.M.; FERNANDES, L.F.L.; GOMES, L.C. Crescimento e produtividade de juvenis de robalo-peva a diferentes temperaturas e taxas de alimentação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, p.857-862, ago. 2013.

PAOLUCCI, M.; FABBROCINI, A.; VOLPE, M.G.; VARRICCHIO, E.; COCCIA, E. **Development of Biopolymers as Binders for Feed for armed Aquatic Organisms**. Aquaculture. InTehc, 2012. 390p.

PAOLUCCI, M.; FASULO, G.; VOLPE, MJ. G. Employment of Marine Polysaccharides to Manufacture Functional Biocomposites for Aquaculture Feeding Applications. **Mar. Drugs**, v. 13, p.2680-2693, 2015.

SIMON, C. The effect of carbohydrate source, inclusion level of gelatinized starch, feed binder and fishmeal particle size on the apparent digestibility of formulated diets for spiny lobster juveniles, *Jasus edwardsii*. **Aquaculture**, v. 296, p.329-336, 2009.

SINHA, A.K.; KUMAR, V.; MAKKAR, H. P. S.; BOECK, G. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition – A review. **Food Chemistry**, v. 127, p.1409-1426, 2011.

STOREBAKKEN, T. Binder in Fish Feeds. I: Effect of Alginate and Guar Gum on Growth, Digestibility, Feed Intake and Passage Through the Gastrointestinal Tract of *Rainbow trout*. **Aquaculture**. v.47, p.11-26, 1985.

STOREBAKKEN, T.; AUSTRENG, E. Binders in fish feeds II: Effect of different alginates on the digestibility of macronutrients in *Rainbow Trout*. **Aquaculture**, v. 60, p.121-131, 1987.

VOLPE, M.G.; MONETTA, M.; STASIO, M.; PAOLUCCI, M.; Rheological behavior of polysaccharide-based pellets for crayfish feeding tested on growth in the crayfish *Cherax albidus*. **Aquaculture**, v. 274, p.339-346, 2008.

VOLPE, M.G.; VARRICCHIO, E.; COCCIA, E.; SANTAGATA, C.; STASIO, M.; MALINCONICO, M.; PAOLUCCI, M. Manufacturing pellets with different binders: Effect on water stability and feeding response in juvenile *Cherax albidus*. **Aquaculture**, v. 324-325, p.104-110, 2012.